

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**Katedra elektrotechniky**

**Projekt výměny řídicího systému technologického celku**

**Project of replacement of the control system of the technological unit**

**2019**

**Jaroslav Polanský**

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jaroslav Polanský**

Studijní program: N2661 Projektování elektrických systémů a technologií

Téma: Projekt výměny řídicího systému technologického celku  
Project of replacement of the control system of the technological unit

Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je navrhnout technické řešení nového řídicího systému měření a regulace stávajícího provozu pískovny a jeho rozšíření o doplněnou technologickou část. Rozšíření stávající technologie a výměna řídicího systému bude provedeno s využitím komponentů Allen-Bradley. Student získá přehled o problematice větších provozů a jejich řízení. Provede návrh řídicího systému s dálkovými vstupy a výstupy. Výstupem diplomové práce bude kompletně zpracovaná realizační projektová dokumentace v systému ePlan electric P8.

1. Seznamte se s problematikou řízení větších provozů a technologických celků.
2. Navrhněte technologické schéma P&ID zadaného projektu.
3. Proveďte posouzení stávající přípojky elektrické energie nízkého napětí.
4. Navrhněte nový řídicí systém technologického celku a proveďte výběr vhodných senzorů.
5. Vypracujte kompletní realizační projektovou dokumentaci.

### Seznam doporučené odborné literatury:

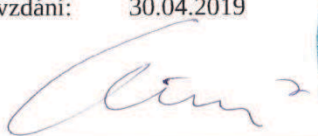
- [1] DVOŘÁČEK, K.: Příručka pro zkoušky projektantů elektrických zařízení, vyd. 1. Praha : IN-EL, 2003. 101 s. elektro., ISBN 80-86230-31-7 (brož.).
- [2] Česká agentura pro standardizaci, <http://www.agentura-cas.cz>
- [3] Allen-Bradley, <https://ab.rockwellautomation.com>
- [4] Uživatelská příručka ePlan electric P8, [http://www.eplan.help/help/platform/2.5/cs-CZ/help/EPLAN\\_Help.htm](http://www.eplan.help/help/platform/2.5/cs-CZ/help/EPLAN_Help.htm)

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

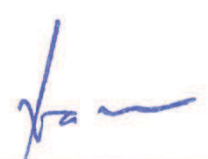
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Mlčák, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019

  
doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.  
vedoucí katedry




  
prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

**Prohlášení studenta:**

*„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.*

*Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“*

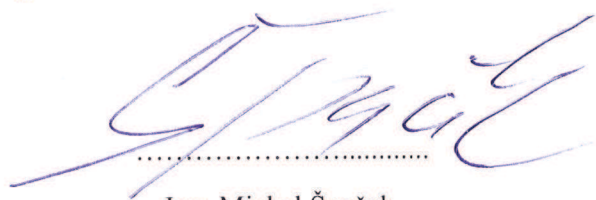
V Ostravě: 29. 4. 2019

  
.....  
Bc. Jaroslav Polanský

**Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby:**

*„Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských programech VŠB-TU Ostrava.“*

V Ostravě: 29.4.2019



Ing. Michal Špaček

**Poděkování:**

Tímto děkuji vedoucímu práce Ing. Tomáši Mlčákovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, které mi poskytoval při zpracování této diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat mé rodině za oporu a zázemí.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá problematikou návrhu řídicího systému měření a regulace stávajícího rozsáhlého technologického celku a rozšiřovaného provozu pískovny. Teoretická část se zabývá jednotlivými postupy návrhu projektu a praktická část popisuje reálné kroky při samotné tvorbě projektu.

Zmíněný provoz pískovny těžební společnosti Sklopísek Střeleč, a.s. provádí těžbu v jediném ložisku Střeleč, tyto těžené nerosty a písky patří mezi nejkvalitnější na území celé Evropy.

Cílem práce je vypracování realizační elektro a MaR dokumentace technologického celku pískovny, části expedice písků z nových zásobníků BTO. Práce obsahuje návrh P&ID schématu celkové technologie. S doplněním technologie je nutné provést také kontrolu stávající přípojky elektrické energie z hlediska zatížení novým příkonem doplněného o části nové technologie. Dalším řešením této práce je samotný návrh nového řídicího systému výrobce Allen-Bradley. Dokumentace je vypracována v celosvětově uznávaném a nejrozšířenějším projekčním systému ePlan Electric P8.

## **Klíčová slova**

Měření a regulace (MaR), automatické řízení, řídicí systém

## **Abstract**

This diploma thesis examines the possibilities for designing a control system for measuring and regulation of the existing large technological complex and the area of the sand quarry which is currently being extended. The theoretical part focuses on individual processes for the project design and the practical part describes the implementation of specific steps during project creation.

In the abovementioned sand quarry belonging to the company Sklopísek Střeleč, a.s., mining takes place in the only field in Střeleč. The obtained minerals and sands belong to the most precious ones in whole Europe.

The goal of the thesis is to compile the implementation documentation for electric parts and MaR for the technological complex of the sand quarry, where sand expedition from the new BTO reservoirs happens. The thesis presents a possible design of the P&ID scheme for the entire technology. Along with supplementing the technology, the existing connector for electric energy must be examined in terms of load resulting from the new energy input, which is supplemented with parts of the new technology. Another outcome of this thesis is the actual design of the new control system from the manufacturer Allen-Bradley. The documentation was created in the widely recognized ePlan Electric P8 system, which is the most common design system worldwide.

## **Key words**

Measuring and Regulation, Automatic Control, Electricity Production, Control System

# Obsah

<b>Obsah</b>	7
<b>Seznam ilustrací</b>	10
1 Úvod	13
2 Cíl práce	14
3 Seznámení se stávající a novou podobou technologie podniku Sklopísek Střeleč, a.s.	15
3.1 Historie a současnost podniku Sklopísek Střeleč, a.s.	15
3.2 Zahájení projekčních prací	15
3.2 Stávající podoba technologie	16
3.3 Obecný popis stávající technologie	18
3.4 Detailní popis stávající technologie	18
3.5 Stávající podoba elektrotechnologie	20
3.6 Nová podoba elektrotechnologie	20
3.6 Energetická náročnost nové technologie	21
3.7 Požadavky investora na ovládání a hardware	22
4 Úvod do projektování	24
5 Návrh technologického schéma P&ID technologie části pískovny	25
6 Posouzení stávající přípojky elektrické energie s rozšířenou technologií	26
6.1 Součinitel soudobosti	26
6.2 Výpočet zatížení	26
6.3 Dimenzování kabelů/vodičů	28
7 Návrh řídicího systému	33
7.1 Obecné požadavky na řídicí systém	34
7.2 Hlavní vlastnosti ŘS Allen Bradley	35
7.3 Výběr řídicího systému MaR	36
7.4 Návrh řídicího systému Allen Bradley pro část MaR	36
7.5 Návrh dílčích komponent ŘS	38

7.6	Návrh EtherNet/IP komunikace .....	44
8	Návrh akčních snímačů a senzorů neelektrických veličin .....	47
8.1	Snímače výšky hladiny .....	47
8.2	Snímač polohy elektrických klapků Belimo .....	48
8.3	Snímač otáček pásového dopravníku .....	48
8.4	Snímače poloh pneumatických válců .....	48
8.5	Snímače nožových uzávěrů sil .....	49
8.6	Snímače v hubicích – rotační hladinoměr .....	49
8.7	Snímače v zásobnících – hlídání maximální hladiny .....	50
9	Řešení projektové dokumentace v systému ePlan .....	51
9.1	Představení projekčního systému ePlan Electric P8 v 2.6 HF4 .....	51
9.2	Řešení projektu v projekčním software ePlan Electric P8 v 2.6 .....	52
9.3	Technické řešení rozváděčů .....	56
10	Závěr .....	57
	<b>Seznam použité a studované literatury .....</b>	<b>58</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>60</b>



## Seznam použitých symbolů a zkratek

A-B	Allen Bradley
CAE	Počítačová podpora projektování (z anglického Computer Aided Engineering)
ČBÚ	Český báňský úřad
DC	Stejnoseměrný proud, nebo napětí (z anglického Direct Current)
HART	Komunikační protokol (z anglického Highway Addressable Remote Transducer Protocol)
HOP	Hlavní ochranné pospojení
HMI	Dotykový ovládací panel (z anglického Human Machine Interface)
IAB	Softwarový nástroj pro projekční činnosti (a anglického Integrated Architecture Builder)
IT	Označení druhu sítě (z anglického insulation a z francouzského terre)
MaR	Měření a regulace (z anglického Measurement & Regulation)
PC	Osobní počítač (z anglického Personal Computer)
PLC	Programovatelný logický automat (z anglického Programmable Logic Controller)
P&ID	Schéma pro předběžné plánování strojů a zařízení (z anglického Piping & Instrumentation Diagram)
ŘS	Řídicí systém
SAP	informační systémy (z anglického Systems - Applications - Products in data processing)
SW	Obslužný program aplikací (z anglického Software)
SŘTP	Systém řízení technologických procesů
SFC	Programovací jazyk (z anglického Sequential Function Chart)
TCP/IP	Komunikační protokol (z anglického Transmission Control Protocol/Internet Protocol)
TN-C-S	Označení druhu sítě (z anglického combined, separated)
TN-C	Označení druhu sítě (z anglického combined)
USB	Univerzální sériová sběrnice (z anglického Universal Serial Bus)
SCADA	Dispečerské řízení a sběr dat (z anglického supervisory control and data acquisition)
XML	Rozšiřitelný značkovací jazyk (z anglického eXtensible Markup Language)
nn	Nízké napětí
vn	Vysoké napětí

## Seznam ilustrací

Obrázek 3.1 Výstřižek ze stávajícího i nového technologického schéma P&ID .....	16
Obrázek 3.2 Výstřižek z nového technologického schéma P&ID .....	17
Obrázek 3.3 Stávající rozváděč .....	20
Obrázek 3.4 Stávající vizualizace Experion .....	22
Obrázek 3.5 Příklad dispozičního rozmístění ovládacích prvků na místní rozvodnici .....	23
Obrázek 6.1 Výstřižek programu Siehr – přípojka nn .....	32
Obrázek 7.1 Stávající řídicí systém před modernizací .....	33
Obrázek 7.2 Základní sestava ŘS s procesorem – umístění v rozvodně .....	37
Obrázek 7.3 Seznam I/O hlavní sestavy ŘS – výstřižek z Excel přílohy č. 8 .....	37
Obrázek 7.4 Procesorová jednotka A-B typ. 1769-L36ERM [8] .....	38
Obrázek 7.5 Okno z IAB – volba napájecího zdroje ŘS .....	39
Obrázek 7.6 Napájecí zdroj ŘS .....	39
Obrázek 7.7 Karta analogových vstupů 1769-IF16C [8] .....	40
Obrázek 7.8 Zapojení analogové karty A-B 1769-IF16C se snímači [8] .....	40
Obrázek 7.9 Karta digitálních vstupů 1769-IQ32 [8] .....	41
Obrázek 7.10 Zapojení karty digitálních vstupů A-B typ. 1769-IQ32 [8] .....	41
Obrázek 7.11 Karta digitálních výstupů 1769-OB32 [8] .....	42
Obrázek 7.12 Zapojení karty digitálních výstupů A-B typ. 1769-OB32 [8] .....	42
Obrázek 7.13 Ukázka sestavy vzdálené jednotky I/O .....	43
Obrázek 7.14 Verze podpůrného software Integrated Architecture Builder .....	45
Obrázek 7.15 Výstřižek pracovního okna IAB .....	45
Obrázek 7.16 Topologie kruhové komunikace EtherNet/IP ŘS se vzdálenými I/O .....	46
Obrázek 8.1 Snímač hladiny FMP 40 [12] .....	47
Obrázek 8.2 Snímač polohy klapky Belimo [9] .....	48
Obrázek 8.3 Snímač otáček pásového dopravníku [19] .....	48
Obrázek 8.4 Magnetický snímač polohy pneumatického válce .....	49
Obrázek 8.5 Indukční snímač poloh [19] .....	49
Obrázek 8.6 Rotační hladinoměr [20] .....	49
Obrázek 8.7 Vibrační limitní hladinoměr v zásobníku [12] .....	50
Obrázek 9.1 Verze použité aplikace ePlan Electric P8 .....	51
Obrázek 9.2 Popis struktury projektu v ePlan Electric P8 .....	53
Obrázek 9.3 Okno správa identifikátorů struktur v ePlan Electric P8 .....	54
Obrázek 9.4 Přehled částečně rozbalené struktury projektu v ePlan Electric P8 .....	55
Obrázek 9.5 Nastavení správy hlášení v ePlan Electric P8 .....	56

Obrázek 9.6 Výpis ze správy hlášení v ePlan Electric P8.....	56
--	----

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Energetická náročnost nové technologie.....	21
Tabulka 2 Seznam komponent hlavní sestavy ŘS.....	36
Tabulka 3 Seznam použitých komponent vzdálených I/O .....	44
Tabulka 4 Celkové počty I/O a rezervy ŘS.....	44

# 1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá tématem problematiky projektování v elektrotechnice s využitím nástrojů pro podporu projektování. Práce řeší návrh řídicího systému (ŘS) a vyhotovením P&ID schéma technologie a projektu elektro a MaR technologického celku pro skladování a expedici sypkých materiálů ve společnosti Sklopísek Střeleč, a.s. Tato společnost je výrobcem kvalitních sklářských, technických, slévárenských a sportovních písků putujících do celého světa.

Projekční software jako je ePlan electric P8 je vzhledem k častým požadavkům na úpravy projektů elektroinstalací a MaR již nezbytným nástrojem pomáhající usnadnit práci projektanta a eliminovat jeho chyby. Eplan electric P8 nabízí neomezené možnosti při projektování, dokumentaci a správu projektů automatizace. Volitelnou orientací grafiky a objektů a také promyšlenou technologií základny dokazuje High-End-System budoucnost elektroinženýringu. Díky jeho jedinečné mnohostrannosti funkcí a přímému propojení s dalšími doplňujícími moduly tohoto systému. Data z předem uložených fází plánování lze jednoduše přebírat přes různá rozhraní, jako je XML a Excel – díky průchodnosti a perfektní integraci [13].

Důležitá role projektanta je dodržovat normy a zásady formálního zpracování projektů. Normy obsahující informace o přehledném a správném označování a zakreslování jednotlivých přístrojů a funkčních celků, strukturování projektu a v neposlední řadě jejich aplikací přispívá ke zkvalitnění technologií a jejich zvýšené bezpečnosti. Snaha vývojářů těchto softwarů je implementace patřičných norem přímo do jejich nástrojů a tím zjednodušit práci projektantů.

Trendem dnešní doby je automatizace výrobních procesů zvyšující efektivitu práce a snižující čas prací a nákladů na výrobní procesy. Automatizací výroby snižujeme množství chyb v samotném procesu a eliminujeme chybný lidský faktor.

## 2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je navrhnout technické řešení nového řídicího systému měření a regulace stávajícího provozu pískovny a jeho rozšíření o doplněnou technologickou část. Rozšíření stávající technologie a výměna řídicího systému bude provedeno s využitím komponentů Allen-Bradley. Dále provedu vhodný výběr senzorů pro celou technologickou část uskladnění a expedici písků v pískovně.

Čtenář získá přehled o problematice v projektování větších provozů a jejich řízení. Bude seznámen s návrhem řídicího systému s dálkovými vstupy a výstupy. Seznámí se P&ID schémata a jejich důležitým významem v praxi. V této práci uvedu pouze jeden základní a nejdůležitější kontrolní proces implementovanou funkcí hlášení chyb v projekčním softwaru ePlan electric P8, bez které by neměl projekt dále pokračovat do další etapy.

Výstupem diplomové práce bude kompletně zpracovaná realizační projektová dokumentace v projekčním CAE systému ePlan electric P8 ve verzi 2.7.

### **3 Seznámení se stávající a novou podobou technologie podniku Sklopísek Střeleč, a.s.**

Tato kapitola se bude zabývat historií podniku a popisem samotného technologického celku Budou zde popsány požadavky investora a nová podoba technologie zásobníků BTO.

#### **3.1 Historie a současnost podniku Sklopísek Střeleč, a.s.**

Mletím písků v neželezném prostředí se dále vyrábějí mikromleté písky - křemenné moučky. Střelečské písky se těží od roku 1939. Lokalita Střeleč se nalézá 12 km severozápadně od Jičína u obce Hrdoňovice. Ložisko vzniklo usazením sedimentů v poměrně mělkém moři křídového útvaru druhohorního stáří. Ložisko tvoří pískovce zpevněné kaolinickým pojivem s obsahem  $\text{SiO}_2$  nad 98,5 %. V zrnitosti převládá frakce 0,10 až 0,63 mm. Čistotu písků pozitivně ovlivňuje velmi nízký obsah kyslíčnicků  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Ložisko se těží povrchovou těžbou v jámovém lomu. Sklopísek Střeleč, a. s. dodává křemenný písek vysoké čistoty jako základní surovinu pro křišťálové, obalové a ploché sklo a pro výrobu skelných vláken. Střelečské písky mají široké využití ve slévárenském a stavebním průmyslu. Jsou základní surovinou pro výrobu lepících, vyrovnávacích a spárovacích hmot, speciálních maltovin a omítkovin. Díky své pevnosti v tlaku jsou používány jako plnivo do průmyslových podlah. Dále se používají na výrobu glazur a smaltů. Jejich chemická čistota a příznivá zrnitost je vysoce ceněna i v řadě jiných průmyslových oblastí, zejména v průmyslu elektrotechnickém, keramickém, strojírenském, gumárenském, v úpravárenství vod a při výrobě vodního skla. Významné je i jejich využití při výrobě zahradních substrátů, při výstavbě a údržbě přírodních a umělých sportovních trávníků, tj. na golfová, fotbalová, beach volejbalová, tenisová a multifunkční hřiště. Všechny vyráběné písky mají výjimku z povinnosti registrace dle REACH a vyhovují požadavkům vyhlášky č. 97/2014 Sb. novelizující vyhlášku č. 238/2011 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch [18].

Technické písky navíc vyhovují vyhlášce č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody. Firma Bureau Veritas Quality International udělila v roce 1998 akciové společnosti certifikát systému kvality dle ISO 9001 a v roce 2003 certifikát environmentálního systému dle ISO 14001 a certifikát systému bezpečnosti práce a požární ochrany dle OHSAS 18001 [18].

#### **3.2 Zahájení projekčních prací**

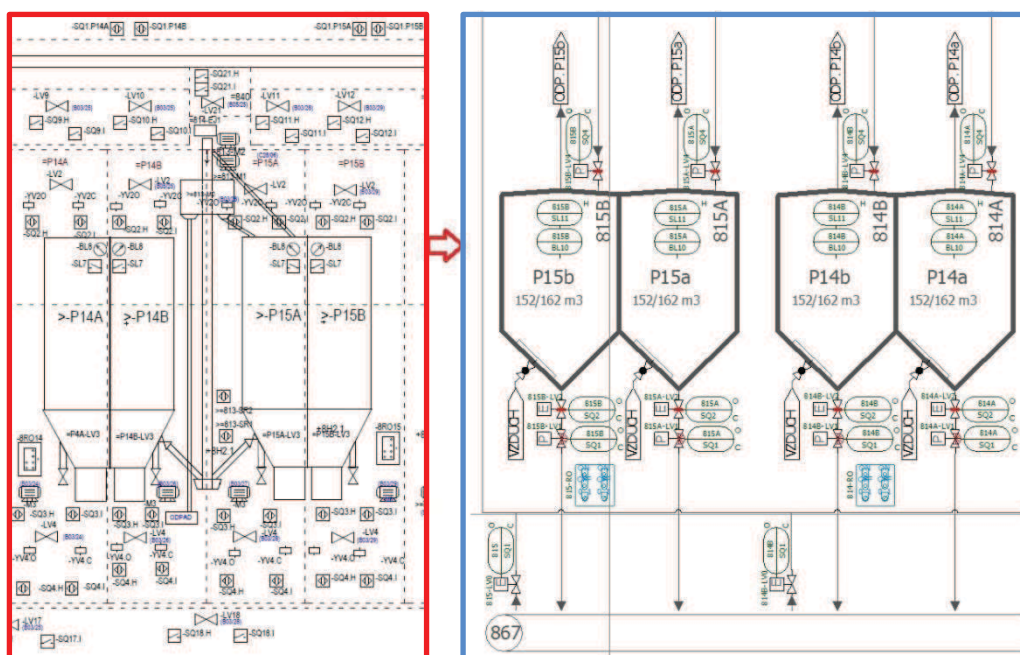
V prvopočátku před započítím jakýchkoliv projekčních prací bylo nutné, abych se seznámil s detaily poptávky, navštívil jsem samotný podnik Sklopísek Střeleč a.s. a podrobně prozkoumal stávající stav zařízení s místním elektrotechnikem. Prošel jsem kabelové trasy po stránce obsazenosti a posoudil možnosti využití stávajících rozváděčů s jejich případným rozšířením. V rozváděčích bylo nutné zjistit skutečný stav využití I/O na jednotkách ŘS. V případě, že by stávající stav ŘS dovoľoval připojit novou technologii, tedy za předpokladu patřičně volných I/O, byl zákazník z finančních důvodů rozhodnut o ponechání tohoto systému. Tato operace zahrnovala vyžádání projektové

dokumentace MaR od technologie spolu s aktuálním výpisem I/O z ŘS. Poté jsem rozvaděč podrobil důkladnému šetření a díky změnám, které postupem času v těchto provozech nastávají, jsem v rozvaděči odpojil nežádoucí a nefunkční části, čímž se uvolnila poměrná část I/O. Poté bylo třeba upravit seznamy I/O stávající technologie a nové technologie a určit směr, kterým se rekonstrukce bude ubírat.

I přes veškeré snahy investora se stávající ŘS nepodařilo zachovat. Vzhledem k jeho době nasazení v provozu a nedostupnosti nových dílů. Tato výrobní řada je již překonána novými modely rychlejších řad procesorů. Bylo tedy nutné přistoupit k jediné možné variantě, což představuje komplexní obměnu elektrotechnologie a ŘS, čemuž se více věnuji v nadcházejících kapitolách.

### 3.2 Stávající podoba technologie

Původní podobu technologie vystihuje P&ID schéma v příloze č. 3, soubor „Priloha c.3 - Stary PiD - Technologicke schema technologie BTO.pdf“, které jsem měl k dispozici od zadavatele projektu. Pro přehlednost jí uvádím samostatně a zde uvedu pouze výstřížek pro srozumitelné pochopení. V levé části *Obr. 3.1* je zakreslena část původní technologie, P&ID schéma je značně nepřehledné a dostalo novou, mnou vytvořenou podobu, která je znázorněna v modrém rámečku v pravé části téhož obrázku. Původní P&ID schéma postrádalo propojení cest dopravy materiálu a odsávání prachu a značně komplikovalo přehlednost a s tím spojené fyzické vyhledání na samotné technologii.

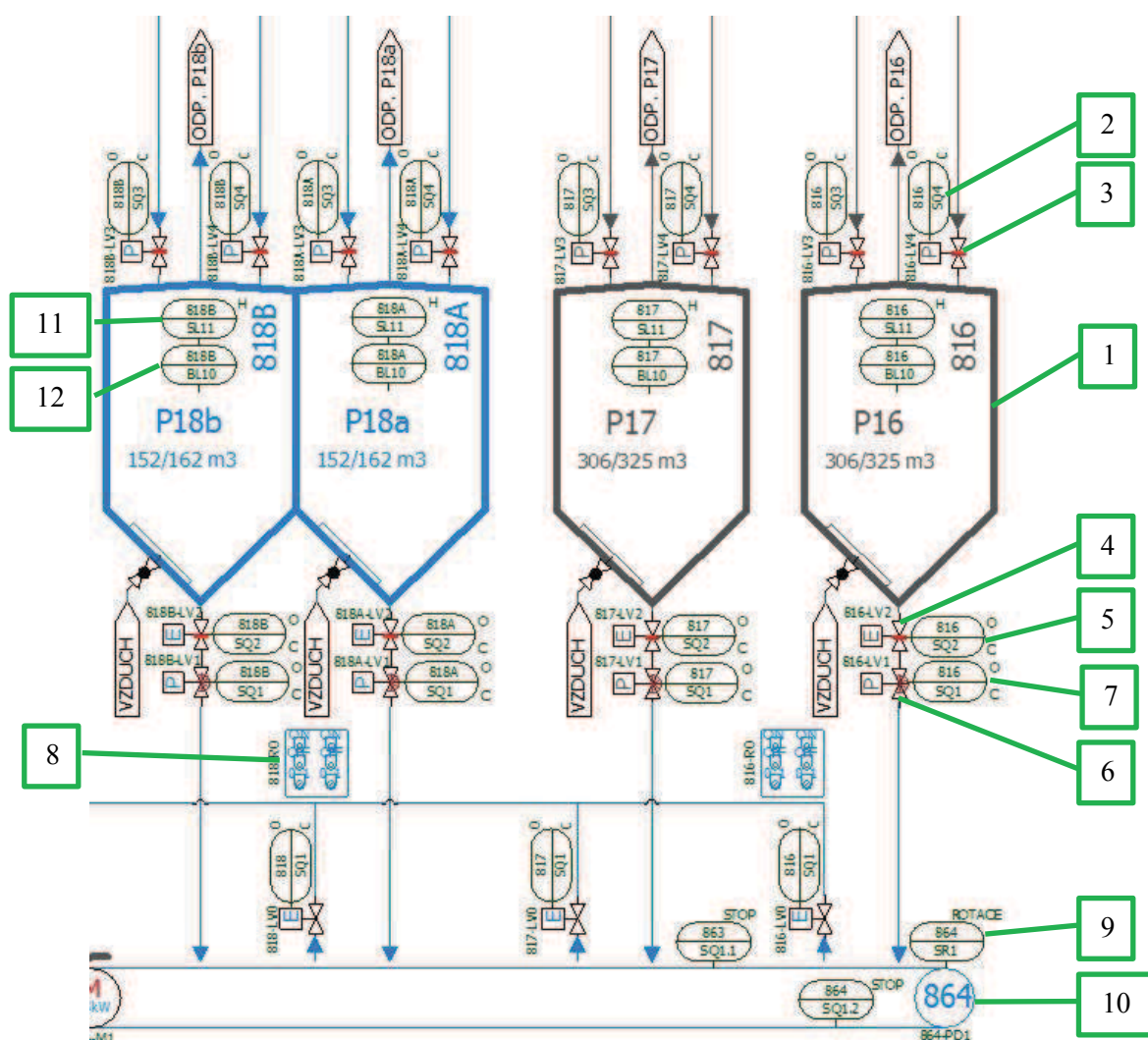


*Obrázek 3.1 Výstřížek ze stávajícího i nového technologického schéma P&ID*



Stávající a nová technologie je odlišena v novém P&ID schéma v příloze č.4, soubor „Priloha c.4 - Novy PiD - Technologicke schema technologie BTO.pdf“ různou barvou. Opět pro srozumitelnost uvedu výstřížek z tohoto schéma na Obr. 3.2. Černou barvou je označena stávající technologie a modrou barvou je zvýrazněná nová část technologie. V tomto výstřížku je část technologického celku, a to skladovací síla P16 – P19, dále zobrazuje uzavírací klapky a jejich stavy otevřeno/zavřeno, snímače hladin zaplnění sil, snímač rotace pásového dopravníku a samotné dopravníky s ovládacími skříněmi ROxx.

Na následujícím Obr.3.2. popíši základní prvky technologického celku.



Obrázek 3.2 Výstřížek z nového technologického schéma P&ID

Legenda k Obr.3.2.:

1. Zásobník na mleté pisky P16 o objemu 325 m³
2. Snímač polohy -816SQ4 na pneumatické klapce -816LV4
3. Pneumatická klapka -816LV4
4. Elektricky poháněný nožový uzávěr výstupu ze zásobníku -816LV2

5. Koncové snímače poloh nožového uzávěru výstupu ze zásobníku -816LV2
6. Pneumaticky poháněný segmentový uzávěr výstupu ze zásobníku -816LV1
7. Koncové snímače poloh segmentového uzávěru výstupu ze zásobníku -816LV1
8. Místní ovládací skříň +818RO
9. Snímač rotace pásového dopravníku -864PD1
10. Pohon pásového dopravníku -864PD1
11. Snímač maximální hladiny v zásobníku -818B\_SL11
12. Kontinuální snímání hladiny v síle -818B\_BL10

### **3.3 Obecný popis stávající technologie**

Expediční terminál označený jako ET2 slouží pro dopravu, skladování a následnou expedici technických, sklářských a slévarenských písků.

Doprava z Dehydratačního centra bude provedena přes kalhotovou klapku a nový pásový dopravník a na nový shazovací vůz nad stávající a nové zásobníky P18 – P21. Na současnou technologii budou navazovat 4 ks nových zásobníků o velikosti 400t/ks, z toho dva budou půlené, dále pak 3 ks pásových dopravníků a hubice pro vyskladnění včetně silniční váhy a 2 ks filtračních jednotek pro odprášení.

### **3.4 Detailní popis stávající technologie**

Záměrem výstavby 4 ks nových zásobníků bude rozšířit skladovací kapacitu volně ložených jemných písků. Součástí této investiční akce bude výstavba nové dopravní cesty mezi Dehycentrem a těmito novými zásobníky. Dále tato stavba bude obsahovat nové expediční místo s plnicí hubicí a novou mostovou silniční váhou umožňující plnění autocisteren.

Pásový dopravník trubkový PDT 1 dopravuje jemný písek na dopravní pás PD2 do přesýpací věže, která bude umístěna v řadě sil BTO. Pásový dopravník trubkový DP1 bude umístěn na lávce s podpěrami, ochozem se zábradlím a bude po celé délce zakrytován ze všech stran, z důvodu snížení hlučnosti a jejího negativního vlivu na okolí. Pojezdový pásový dopravník PD2 bude dopravovat písek do zásobníků BTO č. P16-P21 pomocí shazovacího vozu, který bude kopií stávajícího shazovacího vozu pásového dopravníku č.521. Stávající pásový dopravník PD č.521 bude prodloužen nad nové zásobníky P18 – P21. Výkon dopravní cesty z Dehycentra do zásobníků BTO bude 80t/hod. Provozování dopravní cesty bude celoroční.

Skladování jemných písků bude ve čtyřech zásobnících P18 – P21. Nové zásobníky budou ocelové, válcové o průměru 6 500 mm a výšce válcové části 8 970 mm s výsypným kuzelem. Dva zásobníky P18 a P19 budou rozděleny dělicí stěnou na dvě části. Zásobníky budou v kónické části

opatřeny výpady se šoupátkovými uzávěry. Pod šoupátkovými uzávěry budou instalovány segmentové uzávěry pro dávkování jemných písků ze zásobníků na dopravní pásy PD3 nebo PD4. Pro lehčí vypouštění materiálu budou zásobníky P18 – P21 vybaveny provzdušňováním. Provzdušňovací systém se bude aktivovat pouze tehdy, když bude docházet k odebrání materiálu ze zásobníků. Při vyskladňování zásobníků P16 až P21 bude v provozu vždy jen jedno provzdušnění zásobníku. Expedici hrubých i jemných písků budou zajišťovat dopravní pásy, umístěné pod zásobníky na podlaží +7,560m. Stávající dopravní pás PD č.633 bude zkrácen a provedena reverzace chodu. Tento dopravník bude dopravovat hrubé písky ze zásobníků P11 – P15 ke stávajícím místům expedice. Reverzace umožní dopravu hrubých písků i na nové místo expedice.

Expedice jemných písků ze zásobníků P16 – P18 a P19 – P21 bude zajištěna dopravními pásy PD3 a PD4. Tyto dopravníky dopravují písek na dopravník PD5 pod kterým bude na výsypné hlavě zavěšena výsypná plnicí hubice pro plnění autocisteren. Plnicí hubice má svůj vlastní filtr, z kterého odprašky budou padat přímo do plnicí hubice. Výkon dopravních cest bude 250 t/hodinu.

Plněná autocisterna bude vážena na silniční váze, která bude umístěna pod místem plnění – tj. vedle zásobníků P18 – P19. Rozměr vážního mostu bude 24 x 3 m.

Nová nosná konstrukce zásobníků bude kopírovat konstrukci stávajících zásobníků P11 – P17. Bude se jednat o 4 shodné věže vzdálené od sebe 2,4 m vzájemně propojené. Konstrukce je doplněna dvěma ocelovými plošinami pod a nad zásobníky v úrovni +7,560m a +21,870m. Horní plošina je zastřešena s nosnou konstrukcí z příčných rámců.

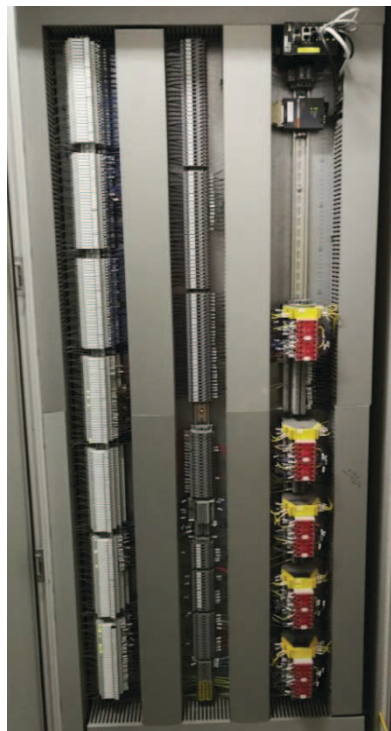
Zdroj prachu v PS 020 Skladování a expedice. Zdroje prachu, výsyp z pásového dopravníku PD č. 633, vsyp na pásový dopravník PD3 a PD4, výsyp na pásový dopravník PD3 a PD4, vsyp a výsyp z pásového dopravníku PD5 a plnicí hubice budou napojeny na nový odsávací potrubní systém. Odsávací potrubí bude zaústěno do nového filtru F1 s ventilátorem, který je umístěn na ocelové konstrukci u BTO. Zachycené odprašky vypadávají skluzem z výsypky filtru s rotačním podavačem do kontejneru. Zdroje prachu z pásového dopravníku PDT 1 a PD2 budou napojeny na nový odsávací potrubní systém. Odsávací potrubí bude zaústěno do nového filtru F2 s ventilátorem, který je umístěn na ocelové konstrukci u BTO. Zachycené odprašky vypadávají skluzem z výsypky filtru s rotačním podavačem do kontejneru. Napojení odsávacího potrubí na filtr F2 bude realizováno ve II. Etapě PS 010 Doprava do sil BTO.

### 3.5 Stávající podoba elektrotechnologie

Systém stávající elektroinstalace je již morálně zastaralý. Na Obr. 3.3. je zobrazen původní rozváděč, který bude nahrazen novým. Sběr I/O byl řešen drátově tj. každý snímač byl sveden do místní přechodové krabice, která obsahovala někdy i stovky přechodových svorek a jejich přehlednost se kvůli úpravám v zapojení takřka vytratila. Postupným doplňováním zařízení a změnám na technologii (tím pádem změnám v elektro zapojení), vedlo k málo zaznamenávaným změnám do projektové elektro dokumentace. Postupem času takto vznikl nepřehledný zdroj závad.

Mnoha žilové ovládací kabely byly svedeny do vzdálené rozvodny, kde končily opět na svorkovnicích, ze kterých již byly zapojeny na jednotlivé karty ŘS. Tímto způsobem je tedy celá stávající technologie po elektrické části zapojena. Je zapotřebí tyto kritická a nežádoucí rozdělovací místa eliminovat.

Kabelové rozvody jsou již značně přetíženy a zaneseny starou kabeláží, která se během několikaletých úprav nestahovala a ponechávala odpojená na svém původním místě. Tato situace je již neúnosná a tyto kabelové trasy musí být vyčištěny a uvolněny pro další využití.



Obrázek 3.3 Stávající rozváděč

### 3.6 Nová podoba elektrotechnologie

Je nutné provést výměnu dosluhujícího řídicího systému a SCADA systému, což znamená vizualizační systém pro řízení, ovládání a získávání dat z výrobního procesu. Tento systém již se zvýšeným rizikem oprav a prostojů ve výrobě je nutné globálně zmodernizovat.

Navrhnul jsem nový hlavní silový a řídicí rozváděč =8.1RM +P07 a =8.1RR +P11, který bude vybaven převážně komponenty výrobce Allen-Bradley. Tato nová část řeší napájení a ovládání stávajících a nových pásových dopravníků, shazovacích vozů, klapek odprášení, filtrů, a další zařízení technologického celku BTO, dle technologického schéma viz. příloha č.4 dokument „Příloha c.4 - Nový PiD - Technologické schéma technologie BTO.pdf“

Pro napájení budou použity měděné kabely CYKY a JYTY uložené ve stávajících a nových kabelových žlabech, nebo kanálech. Stávající rozvodna bude rozšířena o rozváděč silové části =8.1RM +P07, rozváděče řídicí části =8.1RM +P12 a rozváděč zajišťující bezpečnostní okruhy =8.1RM +P11. Napájení nového silového pole bude provedeno ze stávajícího rozváděče =8.1RM +P01, kde se dovybaví o pojistkový odpínač zn. -8.1RM\_P07\_FU s pojistky hodnoty 160A gG. Napájení nového řídicího pole bude napojeno ze stávajícího jističe ozn. -FA501\_7 s hodnotou 16A. Toto řídicí pole bude mít zálohováno napětí 230V z UPS.

Řídicí systém ovládacích skříní xxRO jsem navrhnul za pomoci vzdálených Point I/O karet, do kterých jsou svedeny signály z koncových poloh uzavíracích klapek a uzávěrů, hladinové snímače, signály z ovládacích tlačítek apd. Vyvedeny jsou zde solenoidy pneumatických válců ovládající jednotlivé klapky. Komunikace EthernetNet/IP zajišťuje modul 1734-AENT. Komunikace je řešena jako „kruhová“ a to pomocí modulu 1783-ETAP. Návrh komunikace je uveden v příloze č.6, soubor „Priloha c.6 - Navrh komunikace EtherNet IP.pdf“.

Point I/O jsou vysoce univerzální distribuované vstupně/výstupní moduly, které lze přesně konfigurovat na patřičný počet vstupů/výstupů. Nesmírně velkou výhodou Point I/O je jejich velice snadné pozdější rozšíření o jednotlivé vstupy/výstupy. Montáž modulů se provádí na DIN lištu. Vlastní sestava se skládá z adaptérů, vstupně/výstupních modulů, napájecích dílů a připojovacích svorkovnic. Připojovací svorkovnice mohou být pružinové nebo šroubovací. [10].

Navržené bezpečnostní okruhy uvádím v příloze č.5 soubor Excel „Priloha c.5 - Bezpečnostní okruhy technologie BTO.xlsx“, kde jsou rozděleny do čtyř menších okruhů. Jednotlivé okruhy se zapojí do série patřičného bezpečnostního modulu. Do jednotlivých modulů se zapojí tlačítka „Central stop“ společně s bezpečnostními lankovými spínači umístěných podél patřičných pásových dopravníků.

V objektu se provede ochranné pospojování dle ČSN 33 2000-4-41 ed.3. Musí se vzájemně propojit ochranný vodič, kovové části uvedené v čl. 411.3.1.2 a hlavní ochranná přípojnice HOP. V prostorách zvláště nebezpečných z hlediska úrazu el. proudem se rovněž provede doplňující pospojování dle ČSN 33 2000-4-41 ed.3.

Při přechodu mezi dvěma požárními úseky se kabelové prostupy opatří protipožárními ucpávkami s požadovanou požární odolností. Pro protipožární systém jsem zvolil výrobce Intumex® CSP jedná se o protipožární intumescentní vodou ředitelný nátěr. Vzhledem k jeho zpěňujícím vlastnostem dokonale chrání před prostupujícím ohněm a kouřem. Je rychle aplikovatelný, dobře zpracovatelný, použití na minerální vatu a na rozvody instalací ve všech různých prostupech.

### 3.6 Energetická náročnost nové technologie.

V následující *Tab. 1* je uvedena energetická náročnost nové technologie BTO. Posouzení stávající přípojky elektrické energie provedu v jiné kapitole.

*Tabulka 1 Energetická náročnost nové technologie*

Položka	Název	Ks	Výkon [kW]
1	Prodloužení pásového dopravníku č.521	1	11
2	Šoupátkový uzávěr na výsypu	6	0,75
3	Pásový dopravník PD 3	1	5,5
4	Pásový dopravník PD 4	1	5,5
5	Pásový dopravník PD 5	1	5,5
6	Teleskopická plnicí hubice H1 – posuv nahoru/dolů	1	0,38
7	Teleskopická plnicí hubice H1 – otevřít/zavřít	1	0,18

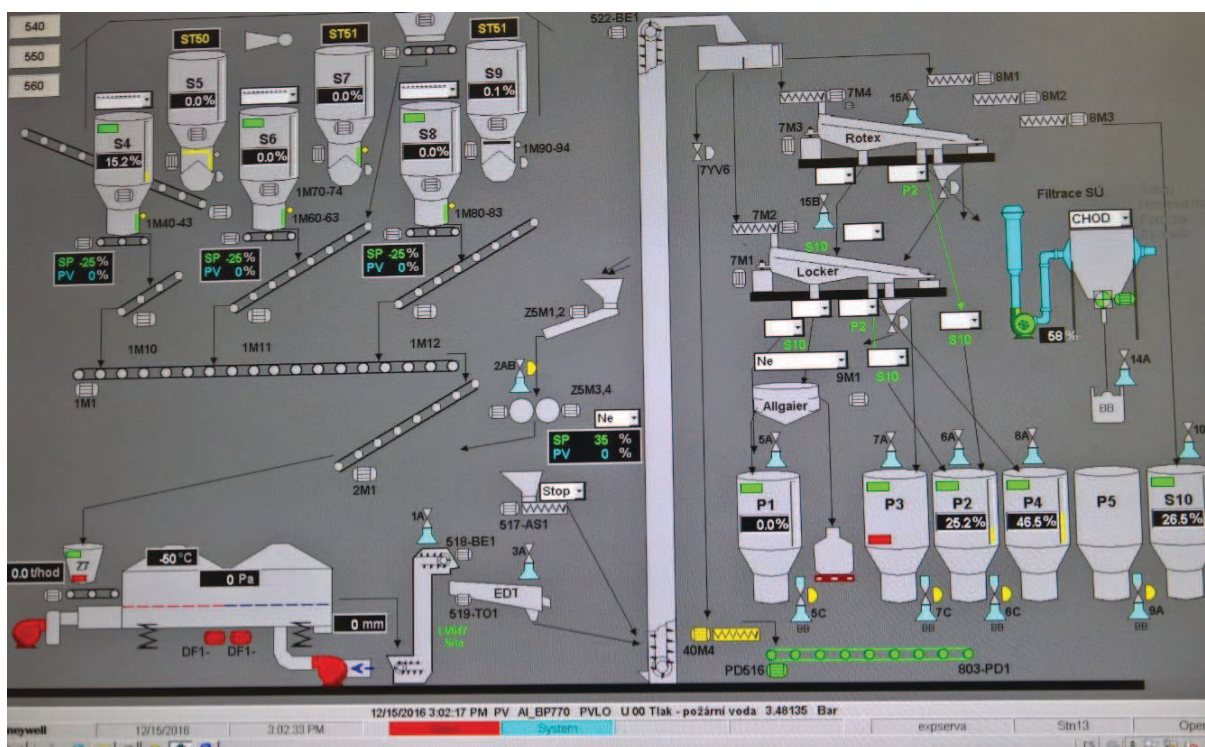


8	Mostová silniční váha SV1 a její osvětlení a příslušenství	1	2,5
9	Ventilátor odsávání	1	11
10	Rotační podavač	1	0,55
11	Uzavírací klapka kruhová	14	0,025
12	Filtr F2 dopravy ze zásobníků	1	22

### 3.7 Požadavky investora na ovládání a hardware

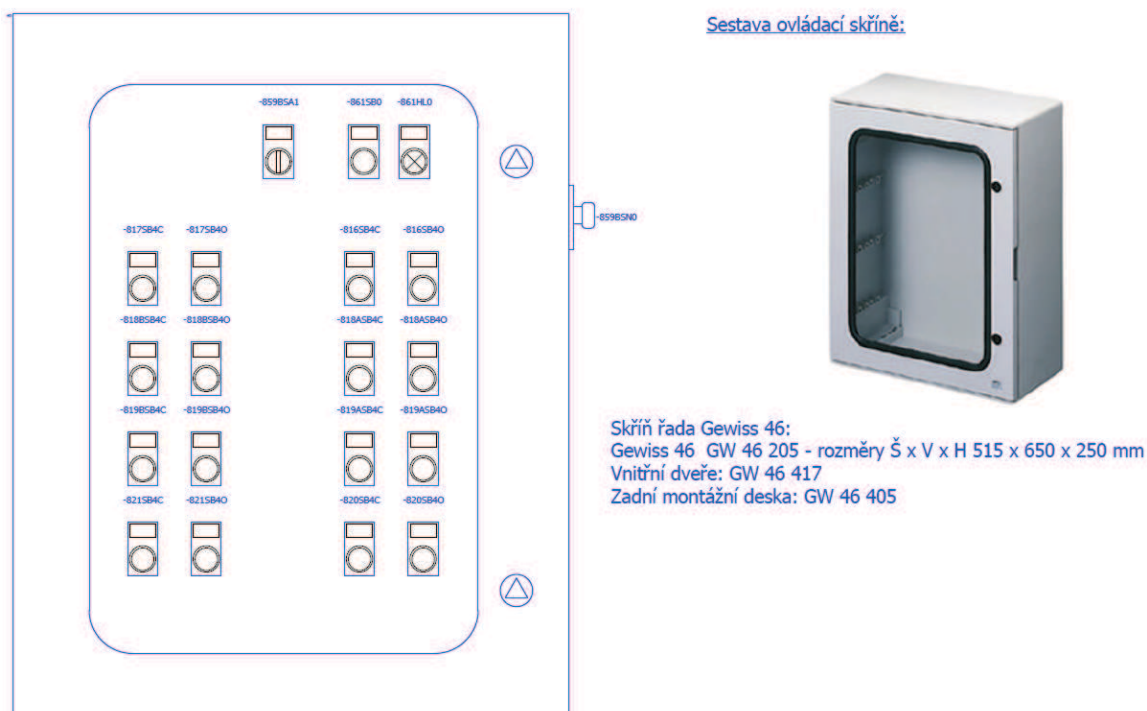
Systém ovládání a řízení musí podléhat standardům zažitých a používaných v podniku Sklopísek Střeleč a.s., s přihlédnutím na platné normy a vyhlášky zejména pak vyhláškami ČBÚ, kterými jsou povinni se řídit. Stávající technologie je řízena ŘS SLC 500 výrobcem Allen-Bradley. Je nutné odborně posoudit možnost využití stávajícího zařízení (volné vstupy, výstupy, komunikace a kompatibilita atd.) a nebo náhradu za novější řadu (např. CompactLogix). Následně je nutné zvážit zachování stávajícího SW a doplnění pouze části týkající se nové technologie, nebo napsání zcela nového SW pro celou technologii dopravy, skladování a expedice.

Dále je nutné vytvořit novou vizualizaci pomocí produktu FactoryTalk® View Machine Edition (ME) od Allen-Bradley a nahradit tak stávající aplikaci Experion viz Obr. 3.4. PKS od firmy Honeywell. Z kapacitních důvodů se zvětšuje prostor stávající technologické elektro rozvodny, kde proběhnou potřebné stavební úpravy a v dokumentaci je třeba tyto úpravy doplnit. Jedná se o přemístění části stávajících rozvaděčů, doplnění nových s přihlédnutím do budoucna, kdy se budou řešit další dva nové zásobníky na mikromleté písky a je třeba počítat s místem i pro ně.



Obrázek 3.4 Stávající vizualizace Experion

Místní ovládání technologie bude za pomoci místních ovládacích skříní obsahujících ovládací přepínače a tlačítka umístěna v bezprostřední blízkosti výsypu z jednotlivých zásobníků, na začátcích a koncích pásových dopravníků, dále u expedic, ventilátorů filtrů a dalším místům dle dispozice na P&ID schéma. Každá rozvodnice bude mít prosklená dvířka a pod nimi panel s příslušnými ovladači viz příklad rozložení na *Obr. 3.5*. Na každé ovládací rozvodnici bude umístěno červené tlačítko nouzového zastavení s aretací na žlutém podkladě, jehož stiskem dojde k bezpečnému vypnutí části technologie dané sekce.



*Obrázek 3.5 Příklad dispozičního rozmístění ovládacích prvků na místní rozvodnici*

## 4 Úvod do projektování

Projekční činnost je jedna životní fáze cyklu výrobku. Výsledným krokem projektování je samotná projektová dokumentace, která musí splňovat ze zákona daná kritéria, jako je úplnost, správnost vyhotovení, proveditelnost stavby podle ní, ekonomickou a technickou úroveň projektu technologického zařízení a jeho vlivů na životní prostředí. Jelikož samy o sobě nejsou technické normy obecně závazné, i tak je na ně běžně poukazováno ve smlouvách a v právních předpisech. Smlouvy jsou již pro zpracovatele projektu závazné a je tedy ve vlastním zájmu projektanta se jimi vést a řídit.

Čtvrtým rokem pracuji ve společnosti 4P SYSTEM s.r.o. na pozici projektanta systémů řízení technologických procesů (SRTP). To byl důvod, proč jsem si zvolil toto téma diplomové práce. Tato společnost působí na trhu již dvacet let v oblasti automatizace. Jejím cílem je poskytovat služby společně se společností INTERO Žamberk, s.r.o. tuzemským i zahraničním klientům v oblasti instalace nerezových technologických rozvodů a zařízení pro farmaceutický, chemický či potravinářský průmysl.

V rámci jakéhokoliv projektu je běžné používání mnoha norem týkajících se technických či formálních stránek. Jelikož tato práce není koncipována primárně na návrh projektu dle konkrétních norem a jeho ověření správnosti, ale na seznámení s projektováním větších technologických celků, zmíním zde alespoň základní normy týkající se zpracování tohoto projektu.

### Seznam použitých norem:

- ČSN EN ISO 10209 Technické výkresy - Terminologie - Termíny vztahující se k technickým výkresům, definici produktu a související dokumentaci
- ČSN 33 2000-4-41 ed.3 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem
- ČSN 34 1610 Elektrotechnické předpisy ČSN. Elektrický silnoprůdový rozvod v průmyslových provozovnách
- ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení
- ČSN ISO 14617 Grafické značky pro schémata - Část 1 až 15

Posledním krokem projektu bývá zpravidla slepý rozpočet pro výběrové řízení. Slepý rozpočet jsem provedl do souboru Excel a uvádím jej v samostatné příloze č. 8 soubor „Příloha c.8 - Vyberove rizeni BTO“.



## 5 Návrh technologického schéma P&ID technologie části pískovny

Návrh technologického schéma P&ID technologie pro část pískovny je výsledek práce technologů jako hlavních navrhovatelů technického provedení dané části a jeho spolupráce s projektanty elektro, stavební a strojní profese. Výsledkem je schématický diagram potrubí, zásobníků, dopravníků, pohonů, klapek a snímačů elektrických i neelektrických veličin. Tato schémata jsou užitečná pro návrh zařízení při inženýrských fázích a pro jeho provoz tj. fázi provozu a údržby. Díky tomu, že nesou základní grafické informace o technologii daného výrobního procesu.

Technickou dokumentací obsahující potrubí a přístroje tvořící schéma toku procesu technického provedení systému za pomoci grafických značek přístrojů, propojení, řídicích a měřících funkcí procesu, je definováno v normě ČSN EN ISO 10209 a ČSN ISO 14617 části 1 – 15 [6] [7].

Strukturováním a konzistencí shromážděných dat v technických projektech je důležité začít v co nejzazší fázi projektu. V počáteční fázi projektu to platí obzvláště pro data, jako jsou propojení, určení odkud kam co povedou jednotlivá potrubí a jaké budou jejich parametry (dimenze, materiál, proudící kapaliny apd.). To stejné platí samozřejmě pro data o kabelech.

Specifikace parametrů a koncepční návrhy i grafické části projektu, pomáhají při práci na projektech lépe integrovat a zefektivnit ji od prvního návrhu až po detail konstrukce.

Prostřednictvím softwaru EPLAN Preplanning či jiného CAD systému mohou projektanti realizovat předběžnou přípravu projektu. Při konstrukci strojů nebo zařízení se postupuje v jednotlivých fázích projektu, v nichž je koncept kontinuálně upravován a doplňován o další podrobnosti, od počátečního koncepčního návrhu, až po vytvoření požadované kompletní dokumentace a informací do výrobního procesu, až po montáž technologie. V předprojektové fázi je vytvářen základní koncept technologií či zařízení a vytvářen první přehled o jejich množství a jejich potřebných komponentech. Cílem tohoto plánování je určení technicky nejvýhodnějšího řešení a definování specifikací pro následující detailní konstrukci. Na základě těchto předprojektových příprav je potom možné vytvářet výkresy, rozpisky materiálu a montážní postupy. Nedílnou součástí takové dokumentace je zmíněný diagram potrubních tras a přístrojového vybavení P&ID [13].

Základní pravidla tvoření schémat jsou dodržování směrů hlavních médií vždy zleva doprava či odspodu nahoru. Dále ve schématech platí zákon gravitace, tzn. že v nádrži se kapaliny vyskytují ve spodní části, prach z dopravníků padá směrem dolů, pára a spaliny stoupají směrem vzhůru. Dodržování základních tvarů zobrazujících daná zařízení, tak aby jejich schématické vyjádření co nejvýstižněji vystihovalo jejich fyzický tvar či funkci. Běžně používané přístroje v podobě grafických značek nalezneme v uvedených normách. Pro média je nutné dodržovat směr proudění. Pohony dopravníků, vzhledem k jejich směru dopravovaného materiálu, by měly být umístěny na správné straně [13].

Mnou navržené P&ID schéma uvádím díky velkému formátu do samostatné přílohy č.4 soubor „Příloha c.4 - Nový PiD - Technologické schéma technologie BTO.pdf“.

## 6 Posouzení stávající přípojky elektrické energie s rozšířenou technologií

Návrh jakékoliv elektroinstalace se neobejde bez určení maximálního odběru, neboli je nutné znát instalovaný příkon spotřebičů, což se sestává z celkového součtu všech instalovaných spotřebičů v daném objektu. Jako další je potřeba určit jakým způsobem budou tyto spotřebiče provozovány s ohledem na součinitel soudobosti/náročnosti.

### 6.1 Součinitel soudobosti

Součinitel soudobosti je možné vypočítat následujícími třemi způsoby:

- Součinitel soudobosti stávajících objektů

$$\beta = \frac{P_{max}}{P_i} \leq 1 \quad (-, W, W) \quad (6.1)$$

- Součinitel soudobosti nových objektů, když známe spotřebiče

$$\beta = \frac{K_s \cdot K_z}{\eta_m \cdot \eta_s} \leq 1 \quad (-, -, -) \quad (6.2)$$

- Součinitel soudobosti u objektů, kde není znám počet a výkon spotřebičů se náročnost stanoví dle normy ČSN 34 1610 tab. č. 12.

### 6.2 Výpočet zatížení

Výpočet zatížení určíme podle maximálního odběru a způsobu provozování technologie. Dle tohoto způsobu se dimenzují vodiče, jistící prvky a spínací prvky. Z těchto důvodů musíme určit základní veličiny, jako je výpočtové zatížení a z něj poté určit výpočtový odebíraný proud. Při tomto výpočtovém zatížení a stanovení výpočtového proudu je potřeba rozlišit dle normy ČSN 34 1610, zda se jedná o rozvod elektrického proudu pro následující provoz [1]:

- **Jedná-li se o výrobní provoz, závod jako celek, nebo jenom provozovna**

Předpokládaný součinitel náročnosti a součin instalovaného výkonu – výpočtové zatížení:

$$P_p = P_i \cdot \beta \quad (kW, kW, -) \quad (6.3)$$

Proud vypočítaný z jmenovitého napětí, účinniku a výpočtového zatížení – výpočtový proud:

Trojfázové spotřebiče

$$I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} \quad (\text{A, kW, V, -}) \quad (6.4)$$

Jednofázové spotřebiče

$$I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{U_s \cdot \cos \varphi} \quad (\text{A, kW, V, -}) \quad (6.5)$$

Stejnoseměrné spotřebiče

$$I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{U} \quad (\text{A, kW, V, -}) \quad (6.6)$$

- **jedná-li se o jednotlivé agregáty včetně jejich pomocných pohonů či skupinu spotřebičů nacházejících se ve výrobním provozu**

Výpočtové zatížení se vypočítá jako v prvním případě, nebo ze vzorce:

Jedna skupina spotřebičů

$$P_p = \beta_a \cdot P_x + \beta_b \cdot P_n \quad (\text{kW, kW, -, kW}) \quad (6.7)$$

Skupina několika spotřebičů

$$\sum_1^n (P_p) = (\beta_a \cdot P_x)_{\max} + \sum_1^n (\beta_b \cdot P_n) \quad (\text{kW, -, kW, -,}) \quad (6.8)$$

Výpočty proudů jsou stejné jako u předchozích typů provozů.

- **jedná-li se o jeden spotřebič**

Podíl instalovaného výkonu a účinnosti spotřebiče – výpočtové zatížení:

$$P_{p1} = \frac{P_{i1}}{\eta} \quad (\text{kW, kW, \%}) \quad (6.9)$$

Výpočtový proud pro trojfázové spotřebiče:

$$I_{p1} = \frac{1000 \cdot P_{p1}}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} \quad (\text{A, kW, V, -}) \quad (6.10)$$

Výpočtový proud pro jednofázové spotřebiče

$$I_{p1} = \frac{1000 \cdot P_{p1}}{U_s \cdot \cos \varphi} \quad (\text{A, kW, V, -}) \quad (6.11)$$

Výpočtový proud pro stejnosměrné spotřebiče

$$I_{p1} = \frac{1000 \cdot P_{p1}}{U} \quad (\text{A, kW, V, -}) \quad (6.12)$$

### 6.3 Dimenzování kabelů/vodičů

Kabely respektive vodiče elektrického proudu musíme navrhovat tak, aby bez jakéhokoliv problému byly schopné dodat patřičné množství elektrické energie do odběrných míst. Dimenzování elektrických vodičů volíme dle ČSN 34 1610. Norma pojednává o tom, jak je nutné dimenzovat elektrické vodiče tak, aby [1]

- byl kladen důraz na dobrou mechanickou pevnost vodičů
- byl ve stanovených mezích úbytek napětí
- byly průřezy vodičů hospodárné
- vodiče odolávali jak tepelným účinkům zkratových proudů, tak i dynamickým účinkům

Tyto kritéria nám s jejich ohledem mohou určovat různé průřezy vodičů.

Při dimenzování vodičů z hlediska mechanické pevnosti se při návrhu musí brát na zřetel jejich dané použití v aplikaci. Můžeme tedy rozlišovat pevné a pohyblivé příklady atd. Průřezy vodičů musí být navrženy tak, aby z tohoto mechanického hlediska, jejich mechanické pevnosti snesly i největší namáhání, které při manipulaci s nimi během montáží a provozu může nastat. Při zkratech jsou vodiče nejvíce namáhány, vodičem prochází proud mnohonásobně vyšší než jmenovitý. Tyto minimální průřezy, místa jejich instalace a způsoby uložení udává norma ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 [2].

Při dimenzování vodičů z hlediska úbytku napětí se bere v potaz norma ČSN EN 50160 ed. 3. Průchodem proudu ve vedení dochází vlivem impedance k úbytku napětí, a tím k poklesu napětí na spotřebiči. Pokles napětí může ovlivnit některé funkce spotřebiče, a tomu je nutné daným opatřením zabránit. Zmíněná norma ČSN EN 50160 ed. 3 stanovuje dovolené úbytky napětí pro dané druhy rozvodů. Úbytek napětí na kabelu nesmí přesáhnout dovolenou hodnotu ani při největším jeho zatížení a s tímto ohledem musí být navržen. Úbytek napětí se kontroluje dle normy ČSN 34 1610 [3].

Dimenzování vodičů z hlediska hospodárnosti je dalším kritériem, které je nutno zohledňovat při návrhu instalací. Investice do instalace je hlavní kritérium, ale i provozní náklady jsou mezi hlavními požadavky na hospodárnost. Použitím větších průřezů kabeláží můžeme docílit značným úsporám při dlouhodobém provozování instalací, díky menším provozním ztrátám na kabelážích. Cílem každého návrhu by měl být hospodárný návrh dle těchto kritérií, jako jsou průřezy vodičů, tak aby náklady s pořízením, předpokládané zatížení vedení a předpokládaná doba životnosti spolupůsobila.

Dimenzování vodičů z hlediska účinků zkratových proudů je další zásadou při volbě průřezu vodičů. Zkratem vznikne vodivé spojení vodičů různých potenciálů. Zkraty máme různé, jako jsou mezifázové, zemní spojení apd. Dochází k nim z různých důvodů např. při průrazu izolace nesprávnou

manipulací, poškozením pádem různých těles, přepětím, nevyhovujícím dimenzováním, atd. Ochrannými jistíci prvky dojde k odpojení ve velmi krátké době, ale ani tímto nezabráníme tomu, že obvodem tečou proudy mnohonásobně vyšších hodnot řádově kiloampér. Zkratem je způsobeno nadměrné dynamické a tepelné namáhání vodičů, proto musíme zvolit jejich minimální průřez daný vzorcem:

$$S_{min} = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t_k}}{K} \quad (\text{mm}^2, \text{A}, \text{s}, -) \quad (6.13)$$

#### 6.4 Jištění kabelů/vodičů

Účelem každého jištění je zabránit ohrožení lidí, zabránit škodám na zařízení či škodám ve výrobním procesu v důsledku náhlých poruch vzniklých v elektrickém vedení. Je nutné alespoň těmto náhlým poruchám omezit následky v co největší možné míře [15].

Nenormální stavy a poruchy v elektrických obvodech pohonů mohou nastat:

- na straně zdroje: přepětí, napěťová nesymetrie a poklesy napětí,
- v elektrických rozvodech: zkraty, přerušení obvodu, výpadky fází – napěťová nesymetrie, zemní spojení,
- u elektrického pohonu: porucha regulačních ovládacích obvodů, porucha výkonových prvků, přetížení poháněného pohonu [14].

Proti nadproudům jistíme všechna ostatní elektrická zařízení i vodiče. Nadproudy vznikají vlivem přetížení nebo zkraty. Rozlišujeme dva nebezpečné stavy nadproudů, stav při zkratu, kdy požadujeme okamžitý zásah jistícího prvku a druhý stav, který nám umožní zpožděné vypnutí při přetížení a tím jsou jistící ochrany [15].

Zkraty v elektrických obvodech považujeme za nevíтанý jev, jehož výskyt lze jen částečně omezit, nikoliv vyloučit. Na velikost, trvání a průběh zkratového proudu má vliv několik faktorů:

- mohutnost a druh zdroje elektrické energie (transformátor, motor, generátor),
- okamžitá hodnota proudu v obvodu, v němž dojde ke zkratu,
- impedance zkratové smyčky obvodu,
- druh připojené zátěže [14].

Ochranu před účinky zkratových proudů a přetížení zajišťují jistící přístroje, které musí odpojit spolehlivě jakýkoliv nadproud v obvodu dříve, než by nežádoucí dynamické a tepelné účinky těchto nežádoucích proudů negativně ovlivnily přístroje, spoje a vodiče. Zkratová vypínací schopnost přístroje musí mít vyšší nebo největší hodnotu největšího předpokládaného proudu v obvodu. Zkratový proud určíme výpočtem dle vzorce: [15]

$$I_k'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_k} \quad (\text{A}, -, \text{V}, \Omega) \quad (6.14)$$

Přesný výpočet zkratových poměrů bývá složitý, proto se výpočet provádí jen zběžně. Nebezpečí následných škod v důsledku zkratu je závislé na velikostech zkratových proudů, zkratové odolnosti zařízení, doby jeho trvání a vypínacích schopnostech jisticích prvků v obvodu. Pro toto vypnutí zkratu je důležitá vypínací schopnost jisticích prvků, která je uváděna výrobcem přístroje v jeho dokumentaci a udává předpokládanou hodnotu vypínacího proudu při stanoveném napětí a za předpokládaných podmínek [14].

Zařízení plní funkci jištění volíme tak, aby:

- při přetížení či zkratu nebyla překročena dovolená teplota jádra vodiče,
- k nežádoucímu vypnutí nesmí dojít za normálního provozu zařízení,
- při poruše konkrétního obvodu nesmí dojít k vypnutí jiných částí obvodu,
- stejné zásady platí pro všechny jisticí zařízení.

Následně jsem tyto teoretické výpočty zatížitelnosti stávajících kabelových přívodů ověřil v software Sichr od výrobce OEZ Letohrad.

Software Sichr ve verzi 19.01 řeší paprskovité síť TN-C-S, TN-C a IT bez vyvedeného středního vodiče ve všech nejběžnějších napěťových hladinách *nn*. Pracuje se spínacími a jisticími prvky, proudovými chrániči a svodiči přepětí výhradně z produkce OEZ Letohrad, jiné přístroje nelze vkládat. Databáze generátorů, transformátorů a silových kabelů lze doplnit o položky s jinými parametry [21].

Velice intuitivním přístupem v něm lze sestavit obvod pro výpočet zkratových proudů, které porovnává s mezi zkratových vypínacích schopností pojistek a jističů, přičemž vyhodnotí i velikost omezujících proudů těchto omezujících přístrojů a výsledky využije k možnosti jejich kaskádování. Během těchto výpočtů zkontroluje i správnost ochrany i jejich správnost nastavení proti nadproudům [21].

Užitečná funkce programu je posouzení správného dimenzování a ochrany proti nadproudům silových kabelů z hlediska jejich přetížení, tak na jejich základě energií propuštěných jisticími přístroji v oblasti zkratových proudů. Při použití paralelních kabelů, jako je i v našem případě, kontroluje ochranu i samostatného jednoho kabelu, pokud je použit společný jisticí přístroj. V tomto případě na nevyhovující výsledek upozorní a doporučí zajistit samostatně jednotlivé kabely proti zkratu, jejich dalším samostatným jištěním [21].

Při výpočtu zadaných proudů a koeficientů soudobosti software Sichr vyhodnotí úbytky napětí na jednotlivých kabelech, transformátoru. Výsledné napětí na sběrnících a jednotlivých vývodech porovná s nastavením maxima povoleného úbytku napětí [21].

Selektivita a její vyhodnocení mezi danými stupni jištění se provede jak na základě porovnání vypínacích charakteristik jednotlivých přístrojů pro oblast přetížení, tak za pomoci databázových dat provedených zkoušek selektivit daných přístrojů v oblasti zkratových poměrů [21].

Výpočet impedančních smyček obvodů se bere v úvahu impedance celých obvodů, včetně impedance napájecího zdroje z vn rozvodu. Dále vnitřní impedanci jistících přístrojů a kabelů, přičemž uvažuje i se zvýšenou hodnotou činného odporu kabelů v závislosti na jejich oteplení protékajícími proudy. Pro jednotlivé části rozvodů lze nadefinovat dobu odpojení od 30 sekund co se týče energetických rozvodů, dále 5 sekund v distribučních rozvodech a až po 0,4 sekundy v konečných obvodech.

Režim optimalizace nám umožní ekonomicky stanovit optimální průřezy vedení z hlediska provozování a součtu pořizovacích nákladů, tedy porovná celkové náklady na vedení během jejich životnosti [21].

## 6.5 Ověření stavu stávající přípojky elektrické energie

Ověření stávajících parametrů přípojky elektrické energie, jako jsou skutečné hodnoty napájecího transformátoru, jistících prvků, průřezy a délky kabelů bylo nutné ověřit na místě. Ze zjištěných skutečností jsem sestavil jednopólové schéma korespondující se skutečným stavem této přípojky. Zanesení parametrů do software Sichr a provedením výpočtů jsem ověřil, zda při novém příkonu technologie budou všechny komponenty v obvodu dostatečně naddimenzovány tak, aby je nebylo nutné měnit.

Okamžité hodnoty příkonů jednotlivých částí technologie připojených ke stávajícímu obvodu přípojky se v průběhu času chodu technologie mění. Výsledný maximální soudobý příkon všech částí, a tedy výpočtové zatížení hlavního vedení přípojky elektrické energie, je dán součtem příkonů jednotlivých rozváděčů složených z určitého počtu drobných spotřebičů dané projektem.

Řešením bylo vytvoření sběrnic a vývodů jednotlivých sekcí technologie. Tento způsob je přehledný a umožňuje řešit i další části rozvodů, jako např. vedení k podružným rozváděčům atd.

Z vzorce 6.3 jsem vypočítal ze stávajícího předpokládaného součinitele náročnosti a součinu stávajícího instalovaného výkonu – výpočtové zatížení stávající technologie.

$$P_{p1} = P_{i1} \cdot \beta = 328 \cdot 0,8 = 262,4 \text{ kW}$$

Z vzorce 6.10 jsem vypočítal proudový odběr stávající technologie.

$$I_{p1} = \frac{1000 \cdot P_{p1}}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} = \frac{1000 \cdot 262,4}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 398,7 \text{ A}$$

Z vzorce 6.3 jsem vypočítal z nového předpokládaného součinitele náročnosti a součinu nového instalovaného výkonu – výpočtové zatížení nové podoby technologie

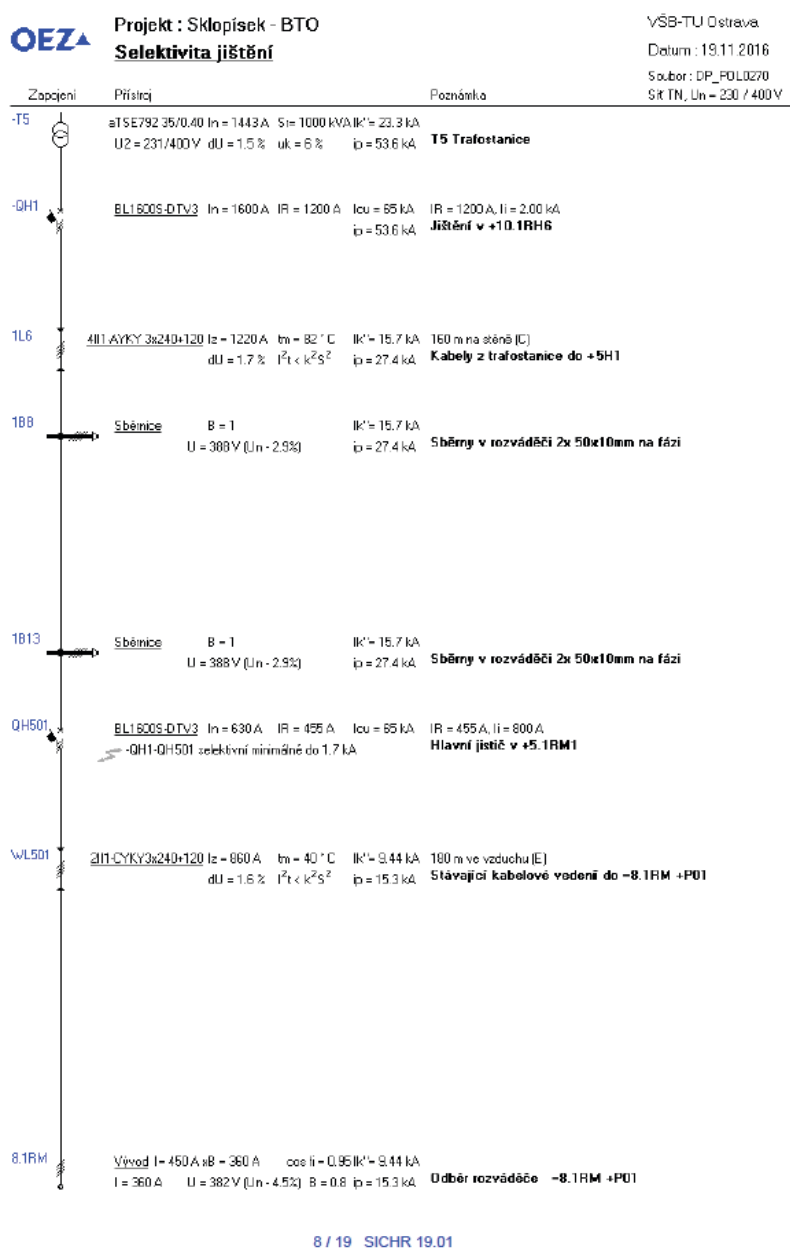
$$P_{p2} = P_{i2} \cdot \beta = 374,4 \cdot 0,8 = 299,5 \text{ kW}$$

Z vzorce 6.10 jsem vypočítal proudový odběr nové podoby technologie.

$$I_{p1} = \frac{1000 \cdot P_{p1}}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} = \frac{1000 \cdot 299,5}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 455 \text{ A}$$

Na tento vypočítaný proud je dimenzovaný nový silový rozváděč =8.1RM +P01. Těmito výsledky jsem si ověřil i teoretické výpočty v software Sichr. Ověřením jsem dospěl k závěru, že není nutné stávající přípojku elektrické energie od zdroje nikterak měnit a není ani nutnost měnit nastavení jednotlivých proudových spouští jistících prvků. V této napájecí trase byly dostatečné proudové rezervy jak v kabelových průřezech, tak i v jejich jištění.

Na Obr. 6.1 uvádím jednopólové schéma přípojky napájení technologie BTO, což je zjednodušené schéma většinou silových obvodů, které přehledně vystihuje celou situaci. Takové schéma je nedílnou součástí návrhu elektrické přípojky pro distributora elektrické energie a při podávání stavebního povolení musí být doloženo. Kompletní výpočty jsou v příloze č. 7 soubor „Příloha c.7 - Pripojka elektrické energie SICHR.pdf“.



Obrázek 6.1 Výstřížek programu Sichr – přípojka nn



## 7 Návrh řídicího systému

Výměnou stávajícího řídicího systému za nový, má za cíl zautomatizovat procesy k řízení a ovládání jakýchkoliv technologických částí. Z hlediska industrializace jde o krok následující po mechanizaci. Zatímco mechanizace poskytuje lidem k práci technologie a zařízení, které jim usnadňují práci, automatizace má za následek snížení potřeby přítomnosti člověka při vykonávání daných činností.

Na *Obr. 7.1* je stávající dosluhující řídicí systém Allen-Bradley řady SLC500, který již nelze pro rozšíření technologie. Zákazník si sice z finančních důvodů přál zachovat stávající systém, ale vzhledem k jeho nerozšiřitelnosti a nedostatku nových náhradních dílů, to po bližším prozkoumání nebylo reálné.



*Obrázek 7.1 Stávající řídicí systém před modernizací*

Řídicí systém technologie musí obsahovat kromě řízení procesů, rychlé a konkrétní zpracování dílčích cyklů, jejich funkce musí lokalizovat a případně upozornit na chyby či poruchy sledovaných zařízení a provádět diagnostiku celého procesu. Dalším z požadavků na řídicí systém je přehlednost, jednoduchost, modifikovatelnost, znovu použitelnost a správa uživatelských opakujících se operací a procesů (navolení plnění konkrétního síla z bodu „A“ do bodu „B“ daným materiálem apd.). Takovéto požadavky je možné efektivně splnit při objektově orientovaném software, který umožňuje vytváření programových sekcí do objektů, čímž výrazně zvyšuje přehlednost a snižuje pravděpodobnost nežádoucích vlivů, případných modifikací na zbytku programu. Objekty musí být navrhnuté pro jednoduché, ale i pro složité operace či procesy. V případě jednoduchých operací, jakým je spouštění pásových dopravníků a nebo otvírání klapky, je výhoda v úspoře práce, protože není nutné opakovaně

psát stejný program. Základní principy řízení a uspořádání objektů byly navrženy na základě prostudování předcházejících výrobních zařízení a konzultací s technickým personálem firmy.

### **7.1 Obecné požadavky na řídicí systém**

Řídicí systém musí splňovat požadavky aktuálně platné místním předpisům Sklopísek Střeleč a.s. Musí umožnit historizaci vybraných dat a jejich následné zpracování do formy batch reportu, který bude sloužit jako záznam o průběhu výroby.

Ve výrobních prostorech bude umístěno několik operátorských pracovišť (počet a typ viz níže), ze kterých bude operátor moci ovládat jednotlivé technologické celky.

Požadavky na funkce MaR z hlediska řízení procesu jsou zřejmé z P&ID jednotlivých sekcí.

#### Další požadavky na řídicí systém:

- Umožnění připojení do kruhové topologie sítě
- Umožňující uživatelsky plně specifikovatelné sekvenční řízení

ŘS a veškerá elektroinstalace bude umístěna do rozvodny v 1NP, místnost číslo RM5.2. Předpokládaný počet rozvaděčových polí o šíři 1200 mm o výšce 2000 mm jsou 2 a o šíři 1000 mm jedno, hloubka těchto rozvaděčových polí je 400 mm a budou uspořádány zády ke zdi v nové části místnosti rozvodny s vývody vrchem i spodem.

#### Předpokládané uspořádání řídicích systémů:

- Procesorová jednotka pro řízení povelů v rozvaděčích v rozvodně
- Podružné I/O moduly po EthernetNet/IP komunikaci
- HMI místní operátorské panely

#### Předpokládané počty vstupů a výstupů:

- Vzdálené DI o celkovém počtu 632 možných připojení
- Vzdálené DO o celkovém počtu 104 možných připojení
- Vzdálené AI o celkovém počtu 20 možných připojení
- Místní DI o celkovém počtu 192 možných připojení
- Místní DO o celkovém počtu 160 možných připojení
- Místní AI o celkovém počtu 16 možných připojení

U každého ŘS je potřeba připočítat 20% rezervu I/O. Veškerá přístrojová technika musí mít minimální požadavky na prostorové uspořádání (např. komponenty umístěny těsně vedle sebe atd., možnost uspořádání prvků jak horizontálně tak vertikálně).

### Požadavky na síť a řešení vizualizace:

Plně redundantní kruhová topologie sítě s dvojicí redundantních vizualizačních serverů umožňující připojování dalších prvků (technologií). Pro virtualizaci použity switche umožňující plný management z aplikačního prostředí ŘS. V kruhové topologii budou na komunikaci umístěny i frekvenční měniče rovněž umožňující plný management z aplikačního prostředí ŘS.

- Předpokládaný počet uživatelských (operátorských) stanic: 2 sety
- Předpokládaný počet technologických stanic: 1 set
- Předpokládaný počet inženýrských stanic (možnost editace aplikačních a vizualizačních SW): 1 set

Předpokládaný počet operátorských panelů o velikosti minimálně 10“: 2 kusy

V případě potřeby musí panel umožnit ovládání a řízení zařízení prostřednictvím sekvenčního řízení, čtení i zápis hodnot do ŘS. Musí umožňovat plnou vzdálenou správu s patřičnou ochranou proti napadení neoprávněnou osobou (firewall).

### Provedení uživatelských stanic: Virtuální stanice.

Pro vizualizaci je požadován síťový produkt, běžící na plně redundantních virtuálních serverech. Počet serverů dle řešení. Umístění v stávající serverovně investora nacházející se ve stejné budově.

Požadované SW vybavení musí umožnit plně automatické řízení procesů v šaržích pro výrobu minimálně 6 různých šarží v různém stádiu rozpracovanosti současně, zápis dat pro historizaci (předpokládaný počet bodů pro historizaci je 10 000) včetně následného zpracování dat do protokolů a webových a tiskových výstupů pro různé cílové skupiny uživatelů a nastavování parametrů procesu minimálně ve 4 úrovních (operátor, technolog, inženýr, administrátor), identifikace přístupů (musí umožňovat jak přístup z klávesnice pomocí hesla tak pomocí čipu).

Bude zobrazen stav ventilů, čerpadel a dalších akčních prvků, měřených a nastavených hodnot, alarmových stavů, průběhu a stavu automatických sekvencí, průběhu měřených veličin.

## **7.2 Hlavní vlastnosti ŘS Allen Bradley**

U výběru řídicího systému je nejdůležitějším faktorem rozsah každé aplikace a její náročnost, především na rychlé cykly. Dalším faktorem je postoj zákazníka, který může mít již daný požadavek na konkrétního výrobce ŘS, protože jej může mít nainstalován již ve svém podniku na mnoha aplikacích a chce zajistit svépomocí servis a co nejlevnější dodávku náhradních komponent.

PLC je elektronický číslicově pracující systém konstruovaný pro použití v průmyslovém prostředí. Využívá programovatelnou paměť pro interní ukládání uživatelsky orientovaných instrukcí pro provádění veškerých specifických funkcí, jako jsou logické, čítačové, sekvenční, časové, komunikační a další funkce za účelem řízení technologických celků, a to prostřednictvím analogových, digitálních vstupů a výstupů [22].

Při výběru ŘS na této aplikaci je důležitým faktorem jeho cena a jeho jednoduché intuitivní ovládání. Jako první krok návrhu PLC je rozsah celkové aplikace a musíme vytvořit patřičný seznam vstupů a výstupů. Z počtů je již patrné, jak rozsáhlý systém budeme potřebovat. V tabulkách uvedených v příloze č.8 soubor „Priloha c.8 - Seznam I\_O technologie BTO.xlsx“ uvádím seznam I/O, který je již přidělen konkrétním modulům I/O. Systém sestavuji dle I/O konfigurace do doby než zajistím plné pokrytí aplikace s dostatečným počtem a s projekční rezervou cca 15 % volných I/O.

### 7.3 Výběr řídicího systému MaR

Návrh vychází ze zadání zákazníka a ctí vnitropodnikové standardy. Na tuto aplikaci byl tedy vybrán systém výrobce Rockwell Automation (Allen Bradley) řady CompactLogix 1769, který má výkonnostní řadu stejnou jako jeho vyšší řada systému řady ControlLogix, a je tedy vhodný na menší až středně velké aplikace. CompactLogix se vstupními a výstupními karty Compact I/O s procesorem 1769-L36ERM a jejich následnému předávání potřebných informací do pracovní stanice místního PC s vizualizačním programem FactoryTalk® View Machine Edition (ME) a místním HMI panelům. Pro názornou představu je na *Obr. 7.16* topologie kruhové komunikace EtherNet/IP ŘS se vzdálenými I/O jako zjednodušený přehled propojení systému s technologií.

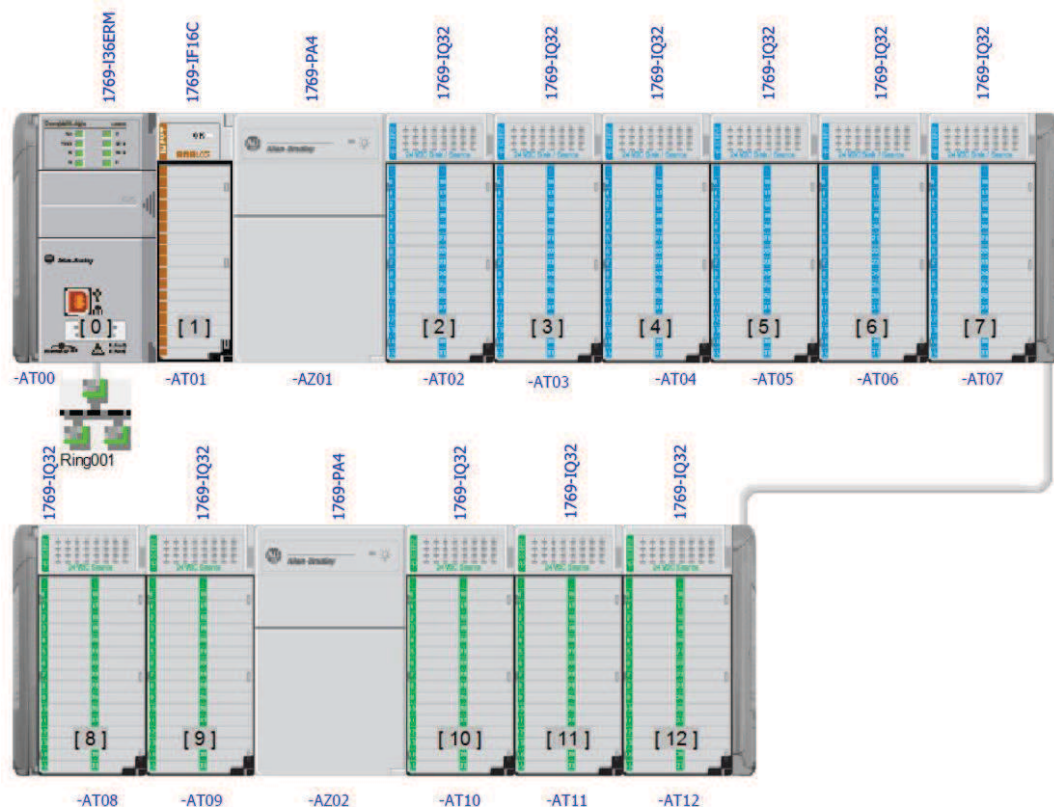
### 7.4 Návrh řídicího systému Allen Bradley pro část MaR

Počet lokálně připojitelných modulů I/O může být až 30 s velikostí paměti do 3 MB. Tato paměť je zálohovaná na vnitřní CompactFlash. Počet EthernetNet/IP connections je v počtu maximálně 256 zařízení, tato aplikace disponuje nyní 29 vzdálených zařízení a do budoucna se počítá s dalším rozšířením. Jedna z dalších výhod tohoto systému je cenová dostupnost, protože používá stejných modulů 1769 I/O jako nižší řada MicroLogix 1500 [8].

Z potřebných počtů místních i vzdálených I/O uvedené v příloze Excel č.8 soubor“ Priloha c.8 - Seznam I\_O technologie BTO.xlsx“ jsem navrhl základní sestavu ŘS Allen Bradley znázorňující na obrázku viz *Obr 7.2* a následný seznam kusů viz. *Tab. 2*. Sestava obsahuje dva rámy z maximálního počtu tří o celkovém počtu karet 30 ks. Vzdálené sestavy komponent ŘS uvedu v další části DP.

*Tabulka 2 Seznam komponent hlavní sestavy ŘS*

Poř.č.	Typ produktu	Popis produktu	ks
1	1769-ECL	Left End Cap Terminator	1
2	1769-L36ERM	CompactLogix 5370 L3 Controller, 3Mb Memory w/Supercap Backup, 16 Axis CIP Motion, up to 30 1769 I/O expansion modules, 48 EtherNet/IP and 120 TCP connections	1
3	1769-IF16C	16 Channel Compact High-density Analog Current Input Module	1
4	1769-PA4	120/240V AC Power Supply (5V @ 4 Amp)	2
5	1769-IQ32	32 Point 24 V DC Input Module	6
6	1769-CRR1	Right bank-to-right bank expansion (305 mm)	1
7	1769-OB32	32 Point 24 V DC Output Module	5



Obrázek 7.2 Základní sestava ŘS s procesorem – umístění v rozvodně

	1769-PA4	Zdroj				Svorkovnice	Jištěno	Svorka		Relé
	1769-136ERM	Procesor								
	TagName	Popis I/O			Adresa v ŘS				Sestava svorkovnice / relé	
	1769-0B32									
AT08	811LV2O	811-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P11 Otvíreí			Local:8:O.Data.0	XDO1	FU1	0	relé svorkové	1KA1
	811LV2C	811-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P11 Zavíreí			Local:8:O.Data.1			1	relé svorkové	1KA2
	812LV2O	812-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P12 Otvíreí			Local:8:O.Data.2			2	relé svorkové	1KA3
	812LV2C	812-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P12 Zavíreí			Local:8:O.Data.3		FU2	3	relé svorkové	1KA4
	813ALV2O	813A-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P13A Otvíreí			Local:8:O.Data.4			4	relé svorkové	1KA5
	813ALV2C	813A-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P13A Zavíreí			Local:8:O.Data.5			5	relé svorkové	1KA6
	813BLV2O	813B-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P13B Otvíreí			Local:8:O.Data.6		FU3	6	relé svorkové	1KA7
	813BLV2C	813B-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P13B Zavíreí			Local:8:O.Data.7			7	relé svorkové	1KA8
	814ALV2O	814A-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P14A Otvíreí			Local:8:O.Data.8			8	relé svorkové	1KA9
	814ALV2C	814A-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P14A Zavíreí			Local:8:O.Data.9		FU4	9	relé svorkové	1KA10
	814BLV2O	814B-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P14B Otvíreí			Local:8:O.Data.10			10	relé svorkové	1KA11
	814BLV2C	814B-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P14B Zavíreí			Local:8:O.Data.11			11	relé svorkové	1KA12
	815ALV2O	815A-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P15A Otvíreí			Local:8:O.Data.12		FU5	12	relé svorkové	1KA13
	815ALV2C	815A-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P15A Zavíreí			Local:8:O.Data.13			13	relé svorkové	1KA14
	815BLV2O	815B-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P15B Otvíreí			Local:8:O.Data.14			14	relé svorkové	1KA15
	815BLV2C	815B-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P15B Zavíreí			Local:8:O.Data.15		FU6	15	relé svorkové	1KA16
	816LV2O	816-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P16 Otvíreí			Local:8:O.Data.16			16	relé svorkové	1KA17
	816LV2C	816-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P16 Zavíreí			Local:8:O.Data.17			17	relé svorkové	1KA18
	817LV2O	817-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P17 Otvíreí			Local:8:O.Data.18		FU7	18	relé svorkové	1KA19
	817LV2C	817-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P17 Zavíreí			Local:8:O.Data.19			19	relé svorkové	1KA20
	818ALV2O	818A-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P18A Otvíreí			Local:8:O.Data.20			20	relé svorkové	1KA21
	818ALV2C	818A-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P18A Zavíreí			Local:8:O.Data.21		FU8	21	relé svorkové	1KA22
	818BLV2O	818B-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P18B Otvíreí			Local:8:O.Data.22			22	relé svorkové	1KA23
	818BLV2C	818B-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P18B Zavíreí			Local:8:O.Data.23			23	relé svorkové	1KA24
	819ALV2O	819A-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P19A Otvíreí			Local:8:O.Data.24		FU9	24	relé svorkové	1KA25
	819ALV2C	819A-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P19A Zavíreí			Local:8:O.Data.25			25	relé svorkové	1KA26
	819BLV2O	819B-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P19B Otvíreí			Local:8:O.Data.26			26	relé svorkové	1KA27
	819BLV2C	819B-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P19B Zavíreí			Local:8:O.Data.27			27	relé svorkové	1KA28
	820LV2O	820-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P20 Otvíreí			Local:8:O.Data.28			28	relé svorkové	1KA29
	820LV2C	820-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P20 Zavíreí			Local:8:O.Data.29			29	relé svorkové	1KA30
	821LV2O	821-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P21 Otvíreí			Local:8:O.Data.30			30	relé svorkové	1KA31
821LV2C	821-LV2 Šoupátkový uzávěr pod P21 Zavíreí			Local:8:O.Data.31	31	relé svorkové		1KA32		

Obrázek 7.3 Seznam I/O hlavní sestavy ŘS – výstřižek z Excel přílohy č. 8

## 7.5 Návrh dílčích komponent ŘS

Hlavním komponentem je procesorová jednotka Compact Logix typ. 1769-L36ERM viz *Obr 7.4*. Tato jednotka umožňuje komunikaci na síti EthernetNet/IP a podporuje duální EtherNet/IP obsahující přepínač přímo v procesoru. Procesor může pracovat v sítích EtherNet/IP s topologií zapojení do hvězdy, lineární topologií, nebo kruhovou topologií, kterou budu v tomto projektu navrhovat [2].



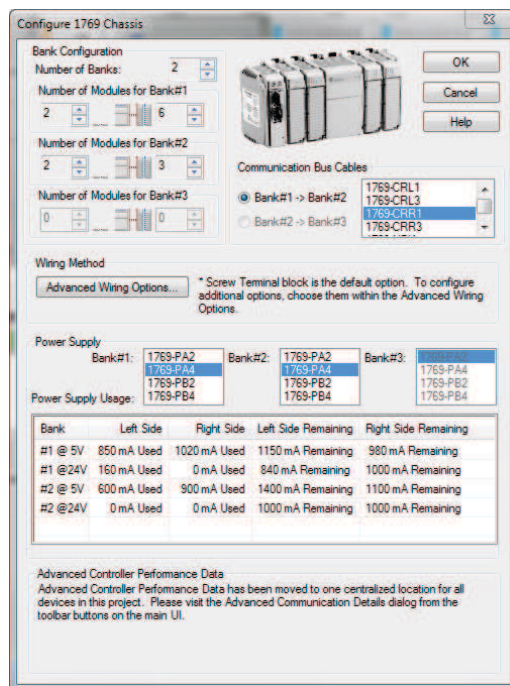
*Obrázek 7.4 Procesorová jednotka A-B typ. 1769-L36ERM [8]*

### **Procesor (základní parametry):**

Výrobce:	• Rockwell Automation (Allen Bradley)
Typ:	• 1769-L36ERM
Úlohy procesorů:	• 32; 100 programů/úlohu
Uživatelská paměť:	• 3 MB
Paměťová karta:	• Secure Digital
Vestavěné porty:	• 2 EtherNet/IP
	• 1 USB
Komunikační možnosti:	• EtherNet/IP – dva porty
	• DeviceNet
Připojení řídicího systému:	• 256
Připojení sítě:	• 48 EtherNet/IP; 120 TCP
Redundance řídicího systému:	• Zálohování prostřednictvím
	• DeviceNet
Programovací jazyky:	• Kontaktní schémata
	• Strukturovaný text
	• Funkční bloky
	• SFC



Následujícím hlavním z komponentů je zdroj Compact Logix typ. 1769-PA4 viz *Obr. 7.5*. Tento zdroj se konfiguruje zároveň s procesorem v Integrated Architecture Builder (IAB). Zvoleným zdrojem jsme nuceni osazovat karty I/O do slotů dle proudové zatížitelnosti. IAB umístění zdroje na patřičnou pozici slotu na racku udělá automaticky po osazení karet I/O. Zapojení napájecího zdroje je patrné z *Obr. 7.6*.



*Obrázek 7.5 Okno z IAB – volba napájecího zdroje ŘS*

### **Zdroj (základní parametry):**

Výrobce:

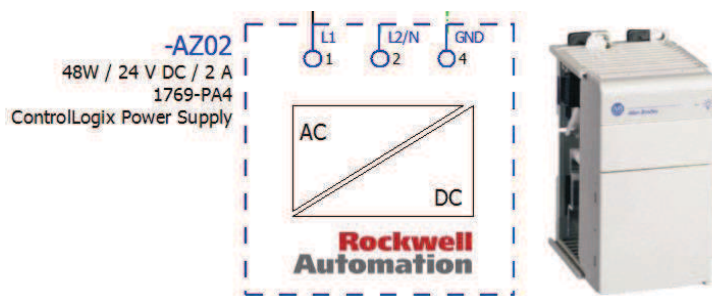
Typ:

Rozsah pracovního napětí:

Příkon:

Výstupní proud zdroje:

- Rockwell Automation (Allen Bradley)
- 1769-PA4
- 170...265V AC, 47...63 Hz
- 240 VA při 240V AC
- 4.0 A při 5V / 2.0 A při 24 V



*Obrázek 7.6 Napájecí zdroj ŘS*

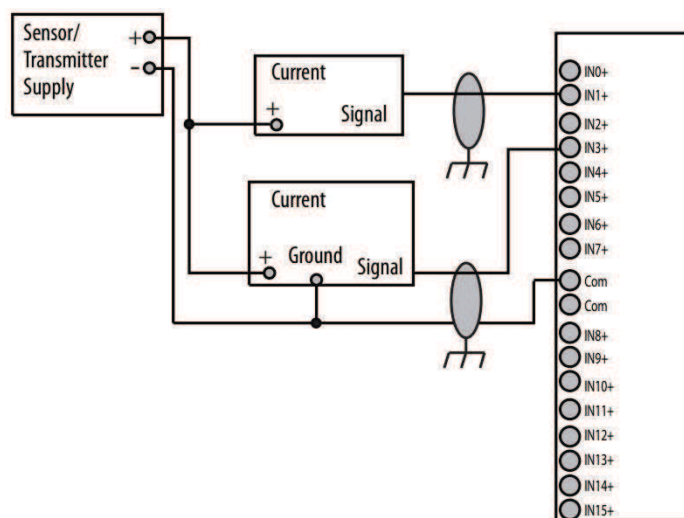
Následujícím komponentem je karta analogových vstupů typ. 1769-IF16C viz *Obr 7.7*. Tato karta disponuje 16-ti proudovými vstupy s možností konfigurace na různé proudové rozsahy v rozmezích 0 – 20 mA, nebo 4 – 20 mA. Do této karty se přivádí snímače veličin např. kontinuální výška naplnění zásobníků a případné snímání teplot vzduchu či ložisek na zařízení. Zapojení karty viz *Obr 7.8*.



*Obrázek 7.7 Karta analogových vstupů 1769-IF16C [8]*

**Karta analogových vstupů (základní parametry):**

Výrobce:	• Rockwell Automation (Allen Bradley)
Typ:	• 1769-IF16C
Proudový rozsah vstupu:	• 0...20 mA, 4...20 mA
Jmenovité napětí:	• 30V AC/30V DC
Vnitřní impedance:	• 249 $\Omega$
Rozlišení:	• 16 bitů
Proud sběrnici :	• 120 mA při 5,1 V



*Obrázek 7.8 Zapojení analogové karty A-B 1769-IF16C se snímači [8]*



Následujícím komponentem je karta digitálních vstupů typ. 1769-IQ32 viz *Obr 7.9*. Tato karta disponuje 32 digitálními vstupy. Na tuto kartu se připojují binární signály signalizující stavy např. sepnutý stykač signalizující chod zařízení, dále možné výpadky jisticích prvků, signály z bezpečnostních a ovládacích prvků na technologii a v neposlední řadě signalizace limitních snímačů, konkrétně v této aplikaci snímání naplnění zásobníků pískem, hlídání otáček pásových dopravníků signalizující např. přetržení dopravního pásu a signalizace poloh uzavíracích klapek plnění, vysypávání a odprašení. Zapojení karty viz *Obr 7.10*.



*Obrázek 7.9 Karta digitálních vstupů 1769-IQ32 [8]*

#### **Karta digitálních vstupů (základní parametry):**

Výrobce:

• Rockwell Automation (Allen Bradley)

Typ:

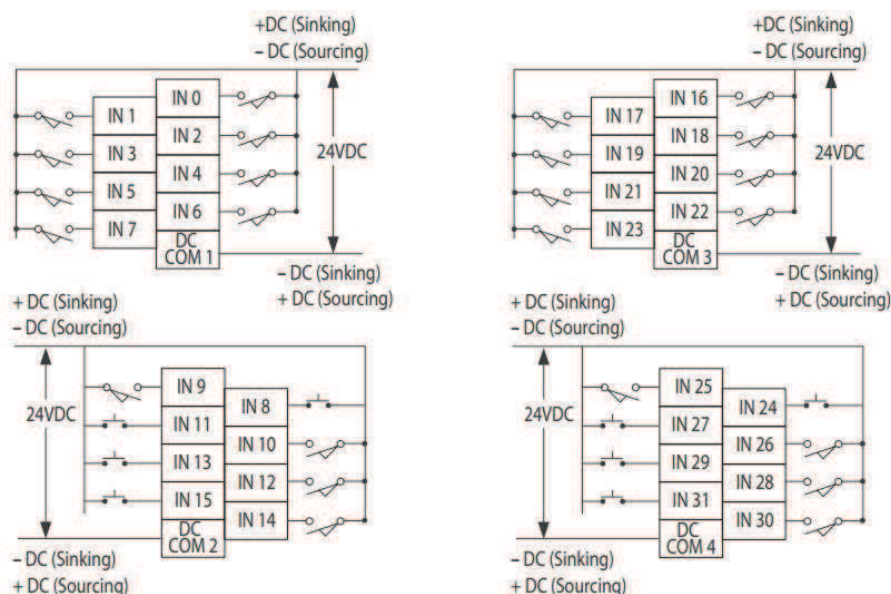
• 1769-IQ32

Napěťový rozsah vstupu:

• 10...30 V při 2 mA

Jmenovité napájecí napětí:

• 10...30V DC



*Obrázek 7.10 Zapojení karty digitálních vstupů A-B typ. 1769-IQ32 [8]*

Následujícím komponentem je karta digitálních výstupů typ.1769-OB32 viz *Obr 7.11*. Tato karta disponuje 32 digitálními výstupy. Na tuto kartu se připojují spínaná zařízení, mohou to být cívky relé a cívek stykačů, nebo samotné koncové zařízení jako jsou cívky elektromagnetických ventilů, signalizační LED kontrolky a zvuková zařízení jako je siréna apd. Zapojení karty viz *Obr 7.12*.



*Obrázek 7.11 Karta digitálních výstupů 1769-OB32 [8]*

**Karta digitálních výstupů (základní parametry):**

Výrobce:

• Rockwell Automation (Allen Bradley)

Typ:

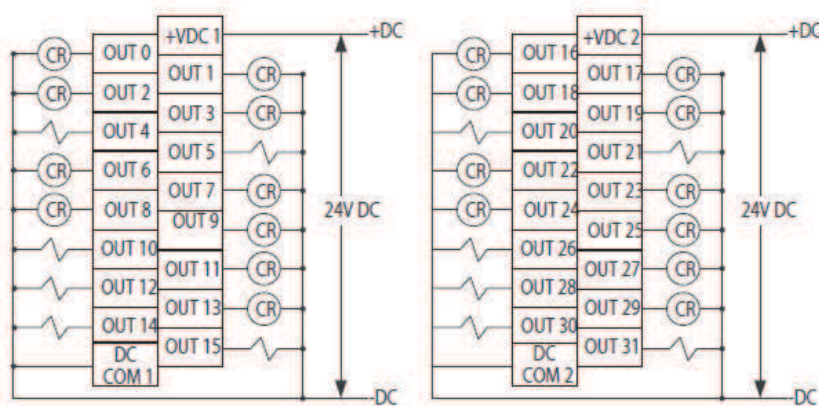
• 1769-OB32

Napěťový rozsah výstupu:

• 20,4...26,4 V DC

Jmenovité napájecí napětí:

• 10...30V DC



*Obrázek 7.12 Zapojení karty digitálních výstupů A-B typ. 1769-OB32 [8]*

Z potřebných počtů vzdálených I/O uvedené v příloze Excel č.8 soubor „Priloha c.8 - Seznam I\_O technologie BTO.xlsx“ jsem navrhl dílčí sestavy ŘS Allen Bradley znázorňující na obrázku viz Obr. 7.13. a následný souhrnný seznam kusů viz. Tab. 3. Kompletní sestava obsahuje 29 ks různorodých podsestav. Z maximálního možného počtu IP zařízení, co podporuje tento systém a to 256 jsem v této aplikaci využil již zmíněný počet 29. Sestavy se skládají z různých počtů karet I/O od 2 do maximálního počtu v této aplikaci 16 ks. V budoucnu se počítá s rozšířením provozů a k tomu bude dostačující zbytek možných připojitelných 227 ks podsestav.

-A1	-A1.01	-A1.02	-A1.03	-A1.04	-A1.05	-A1.06	-A1.07	-A1.08	-A1.09	-A1.10	-A2	-A1.11	-A1.12	-A1.13	-A1.14	-A1.15	-A1.16
1734-AENT Komunikační adaptér Ethernet/IP	1734-IB8 Digitální vstupy 8xDI	1734-IB8 Digitální vstupy 8xDI	1734-IB8 Digitální vstupy 8xDI	1734-IB8 Digitální vstupy 8xDI	1734-IB8 Digitální vstupy 8xDI	1734-IB8 Digitální vstupy 8xDI	1734-IB8 Digitální vstupy 8xDI	1734-IB8 Digitální vstupy 8xDI	1734-IB8 Digitální vstupy 8xDI	1734-OW4 Digitální výstupy 4xDO (relé)	1734-EP24DC 24V DC Napájecí modul	1734-OW4 Digitální výstupy 4xDO (relé)	1734-OW4 Digitální výstupy 4xDO (relé)	1734-OW4 Digitální výstupy 4xDO (relé)	1734-OW4 Digitální výstupy 4xDO (relé)	1734-IE2C Analogové vstupy 2xAI	1734-IE2C Analogové vstupy 2xAI

Obrázek 7.13 Ukázka sestavy vzdálené jednotky I/O

Tabulka 3 Seznam použitých komponent vzdálených I/O

Poř.č.	Typ produktu	Popis produktu	ks
1	1734-AENTR	1734 2-Port EtherNet/IP Adapter	29
2	1734-IB8	24V DC 8-Point Sink Input Module	94
3	1734-TOP	One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals	161
4	1734-OW4	4-Point Relay Output Module	53
5	1734-IE2C	2-Point Analog Current Input Module	12
6	1734-EP24DC	24V DC Expansion Power Module	2
7	INDUSTRIAL PC	Industrial PC	1
8	NIC-CARD	EtherNet NIC Card for PC	1
9	1734-IE4C	4-Channel High-Density Analog Current Input Module	2
10	1585J-M4TBJM-2	Patchcord: RJ45 Male / RJ45 Male, 4-Conductor, Teal TPE, Flex Rated, 2 meters (6.56 feet)	31
11	1783-ETAP1F	EtherNet/IP Tap w/ 2 copper ports, 1 fiber port	2
12	F5E10-10M2Y	Panduit Fiber Patchcord: Duplex Zipcord Multimode 50 micron (OM2) ,LC Male / LC Male, 1.6mm diameter, 2-Conductor, Orange Riser, 2 meters	1
13	1783-ETAP	EtherNet/IP Tap w/ 3 copper ports	1
14	1783-US8T	Stratix 2000 Switch, Unmanaged, 8 Copper Ports	1
15	1585J-M4TBJM-10	Patchcord: RJ45 Male / RJ45 Male, 4-Conductor, Teal TPE, Flex Rated, 10 meters (32.8 feet)	1
16	9324-RLD300NXENE	Studio 5000 / RSNetWorx for ControlNet, DeviceNet & EtherNet/IP Bundle	1
17	1606-XLE120E	Single-Phase Power Supply - 120W, 24V DC, 5.0A	26

V následující Tab. 4. je uveden celkový počet navržených vstupních a výstupních jednotek s jejich celkovými počty I/O a rezervy.

Tabulka 4 Celkové počty I/O a rezervy ŘS

Popis I/O	Point I/O	Centrální ŘS	Rezerva I/O na centrální ŘS	Rezerva na vzdálených Poin I/O	Celkový počet navržených I/O
DI	632	192	82	126	824
DO	104	160	37	38	264
AI	20	16	16	3	36
ETH	25	2			27

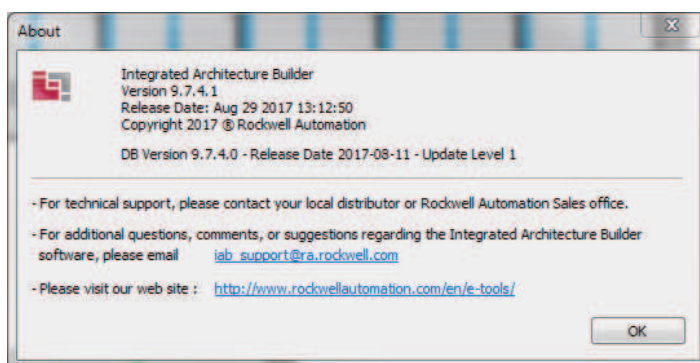
## 7.6 Návrh EtherNet/IP komunikace

Návrh komunikace EtherNet/IP je navržen v návrhovém podpůrném software Rockwell Automation – Integrated Architecture Builder (IAB) verze 9.7.4.1. viz. Obr. 7.14. Pro

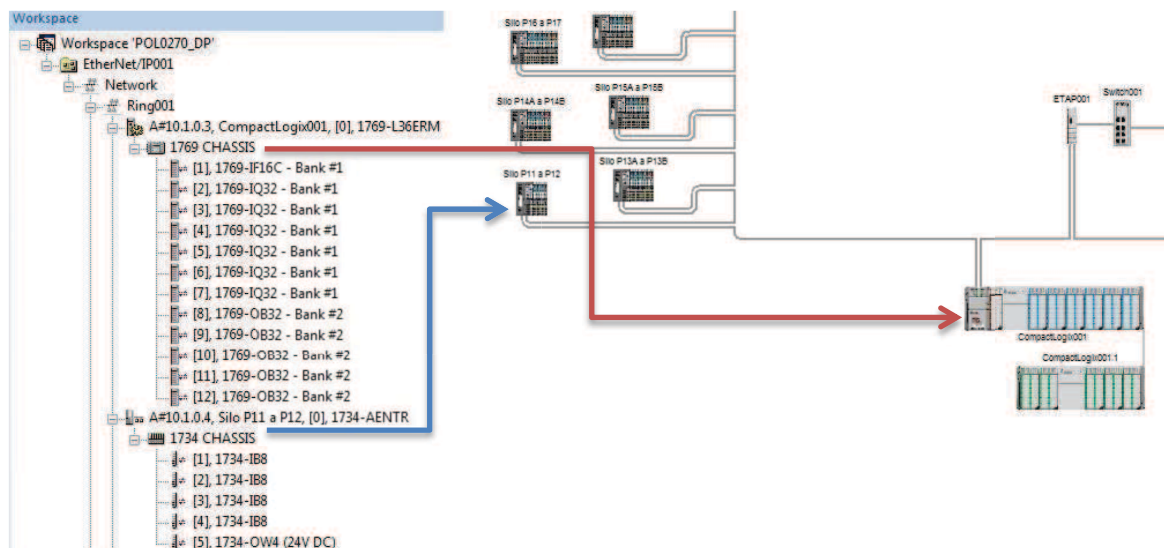


vytvoření takového výsledného schéma komunikací uvedeného na *Obr. 7.15* a *Obr.7.16* je již třeba znát veškeré komponenty pro danou aplikaci.

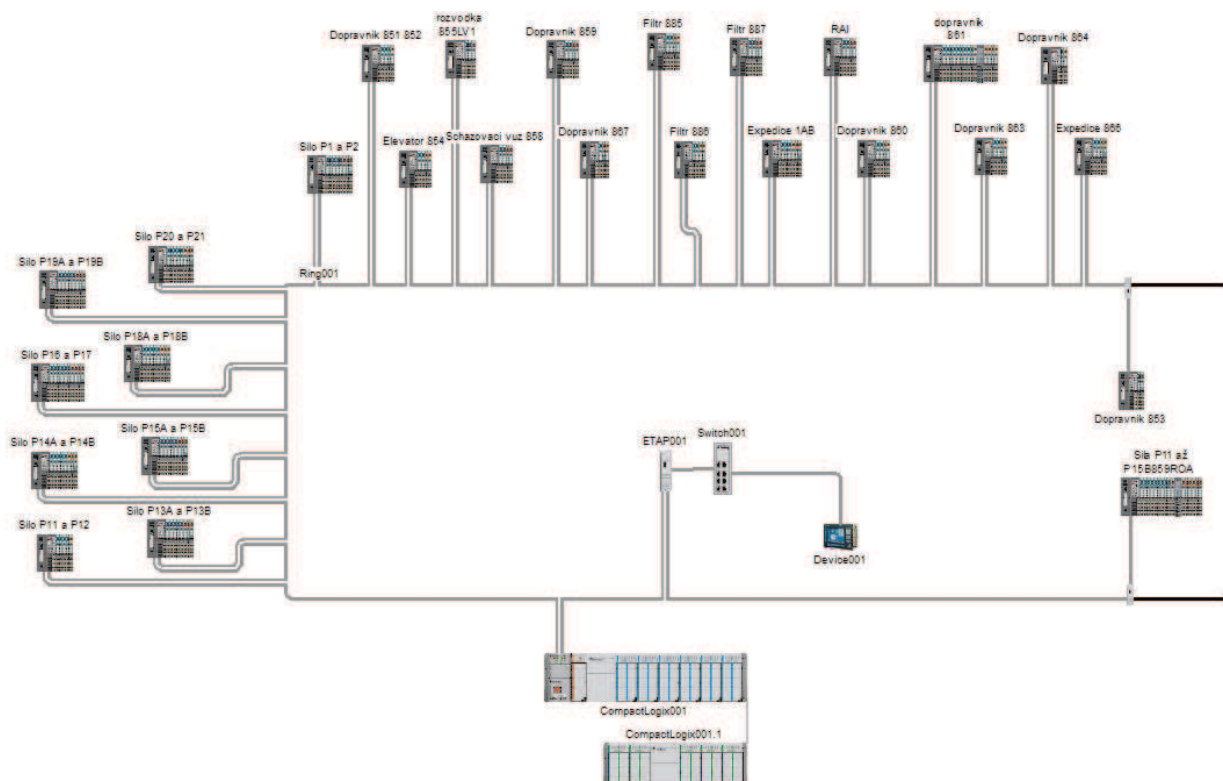
Tento softwarový nástroj IAB pro projekční činnosti nyní podporuje přibližně osmdesát typů výrobků od společnosti ProSoft Technology. IAB je grafický softwarový nástroj, který se používá pro návrh konfigurace řídicích systémů na platformě Logix. Pomáhá technikům, programátorům ŘS a projektantům ŘS při výběru hardwaru potřebného pro danou úlohu: síťových prvků, programovatelných automatů, modulů I/O, systémů řízení pohonů a vlastních pohonů, kabeláže a dalších komponent. Výsledkem ze software je grafický výstup, kusovník položek zboží a projektová dokumentace. Již delší dobu mohou uživatelé systém IAB používat k vytváření dokumentace i těch systémů, které obsahují komunikační moduly a brány od firmy ProSoft Technology. Počet typů výrobků ze sortimentu ProSoft Technology zahrnutých v IAB se automatickou aktualizací při připojení k internetu doplňuje o další nové komponenty [8]



Obrázek 7.14 Verze podpůrného software Integrated Architecture Builder



Obrázek 7.15 Výstřižek pracovního okna IAB



Obrázek 7.16 Topologie kruhové komunikace EtherNet/IP ŘS se vzdálenými I/O

Celkové schéma komunikací EtherNet I/P na Obr. 7.16 je přehledné a pomocí něj se i fyzicky provede propojení všech ŘS s každým vzdáleným zařízením pomocí venkovního FTP kabelu CAT6. Tento kabel je určen jak pro venkovní použití, tak i pro vnitřní. Kabel je stíněný folií, uvnitř má plastové nosné jádro s textilním lankem, které drží pevnost v tahu a vymezuje proti sobě jednotlivé kroucené páry. Šířka pásma je 250 MHz a jeho provozní teplota se pohybuje od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $+70^{\circ}\text{C}$  [16].

Možností komunikace na síti EtherNet/IP je za pomoci duálního EtherNet/IP síťového přepínače přímo v procesoru a doplňujících ETAP001 modulů, které podporují zasílání vstupních/výstupních zpráv v reálném čase a vzájemnou výměnu zpráv. Síť EtherNet/IP využívá standardně dostupné pro síť Ethernet/IP a komunikační čipy i fyzická média. Procesor může pracovat v sítích EtherNet/IP s lineární topologií, topologií zapojení do hvězdy, nebo kruhovou topologií [8].

Kruhová topologie v praxi znamená, že zařízení připojená do sítě mají dva EtherNet/IP porty a jsou tedy zapojena dvěma kabely, tímto je zaručena částečná ochrana před výpadkem. Při poruše na síťovém kabelu jedné strany se komunikace obnoví na druhé straně okruhu. To obdobné platí při poruše na portu, komunikaci obslouží druhý port na zařízení [8].

Kabelové vedení kruhových instalací, musí být fyzicky provedeno, tak, že se kabeláže tahají v samostatných kabelových trasách a nesmí jít v souběhu, tím je zajištěno případné poškození obou stran komunikace. Při poškození jedné strany komunikace, zůstane komunikace zachována a zařízení je možné bezpečně provozovat, až do případné opravy poškozeného vedení komunikace.

## 8 Návrh akčních snímačů a senzorů neelektrických veličin

Ze zadání vyplývá požadavek na osazení technologie novými snímači hladin, poloh a dalších potřebných prvků. Investorem mám daná kritéria výběru komponent a to výrobce, výrobní řady a také způsob instalace a nastavování parametrů těchto členů. Podrobné typy uvedu detailněji v následujících sekcích jednotlivých podkapitol.

### 8.1 Snímače výšky hladiny

Výrobce kontinuálních snímačů hladin je určena společnost Endress+Hauser, daný snímač typu Levelflex M FMP40 viz *Obr.8.1*. Jedná se o mikrovlnný radar pro běžné měření výšky hladiny a to i za extrémních provozních podmínek. Jako extrémní podmínky mohou být vysoká teplota a vysoký tlak v průmyslových procesech. FMP40 nabízí velikou spolehlivost i v případě pohybujícího se povrchu a při tvorbě pěny nebo i v případě, že měření probíhá v nádrži s mnoha přepážkami, jako je i zde použit více přepážkový zásobník. Levelflex FMP40 se používá pro kontinuální měření výšky hladiny sypkých materiálů, kapalin, past a kalů, ale i pro měření rozhraní. Měření není ovlivňováno změny médií, plynovým polštářem, změnami teploty, nebo párou. Nastavování snímače můžeme provést pomocí HART komunikačního protokolu či Profibus PA [12].

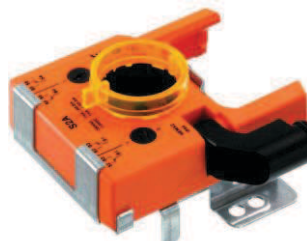
Většina dnešních výrobních závodů je založena na konceptu zapojení snímačů 4 -20 mA. Tato zařízení poskytují svoji naměřenou hodnotu v proudové smyčce standardního signálu. Technologie HART nabízí více procesních informací, které by při využití pouze analogových signálů zůstaly nevyužité. S pomocí HART technologie ve spojení se zařízením se stává vzdálený systém zpřístupněný pro potřeby diagnostiky a pro přenos dalších informací o jejich stavu [17].



*Obrázek 8.1 Snímač hladiny FMP 40 [12]*

## 8.2 Snímač polohy elektrických klapek Belimo

Výrobce snímače poloh elektrických klapek na zásobnících je zákazníkem již předem určen výrobce širokého rozsahu komponentů a to společnost Belimo. Tento typ snímače S2A viz. *Obr.8.2* se používá pro signalizaci polohy nebo pro spínací funkci v libovolných polohách. Pomocný spínač se přímo nasadí na třmen klapkového pohonu. Poloha je přímo přenášena na vačky mikropsínačů. [9]



*Obrázek 8.2 Snímač polohy klapky Belimo [9]*

## 8.3 Snímač otáček pásového dopravníku

Výrobce snímače otáček pásových dopravníků je italská společnost Selet. Tento typ snímače BCR1G3010PO viz. *Obr.8.3* je určený pro řízení rotace, díky své konfiguraci dokáže detekovat rychlost i směr pásového dopravníku. Tento rozsah snímání lze nastavit trimtrem umístěným na čelní straně snímače a udává nám počty přicházejících impulzů a dále je zpracovává jako výstupní signál do ŘS. V této aplikaci s ním hlídám pouze informaci o přetržení pásu dopravníku.



*Obrázek 8.3 Snímač otáček pásového dopravníku [19]*

## 8.4 Snímače poloh pneumatických válců

Výrobce snímače polohy pneumatických válců je společnost Norgren. Tento typ snímače M/50/LSU/5V viz. *Obr.8.4* je určený pro montáž do drážky těla pneumatického pístu a snímá námi určenou polohu vysunutí pístu. Jedná se o magnetický spínač. V této aplikaci snímám polohu vysunuto/zasunuto respektive otevřeno/ zavřeno.





*Obrázek 8.4 Magnetický snímač polohy pneumatického válce*

### **8.5 Snímače nožových uzávěrů sil**

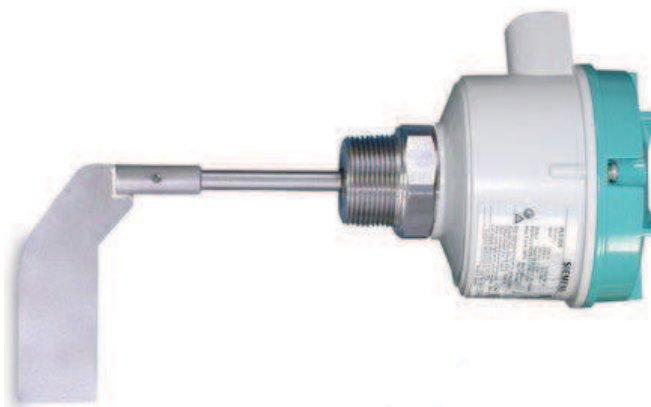
Výrobce indukčních snímačů je společnost Selet a námi zvolený typ je B01G185PO viz *Obr. 8.5*. Tímto snímačem o průměru 12 mm s krytím IP 67 snímám polohu nožového uzávěru poháněného 3f asynchronním motorem. Tento uzávěr má jisté mechanické vůle, které nám dosah snímače 2,5 mm pokryje a bez problémů bude spínat bez zákmitů.



*Obrázek 8.5 Indukční snímač poloh [19]*

### **8.6 Snímače v hubicích – rotační hladinoměr**

Výrobce rotačních snímačů hladin je společnost Siemens a námi zvolený typ je LPS200 viz *Obr. 8.6*. Jedná se o elektromechanický rotační lopatkový snímač hladiny pro detekci granulovaných, práškových a sypkých látek s objemovou hustotou od 35 g/l. Snímač disponuje nízko otáčkovým převodovým motorem s třecí spojkou pohání rotační lopatku. Jak přichází materiál do rotační části, rotace se zastaví, čímž se změní stav mikropsínače. Citlivost lopatky je možné nastavit dle měnících se vlastností skladovaných materiálů.



*Obrázek 8.6 Rotační hladinoměr [20]*

### 8.7 Snímače v zásobnících – hlídání maximální hladiny

Výrobce snímače maximální hladiny zásobníků je určen Endress+Hauser typ. FTM51-AAG2L4A32AA viz *Obr.8.7*. Jedná se o robustní vibrační limitní hladinový spínač určený pro použití v zásobnících jemnozrnných, nebo práškových látek i s nízkou objemovou hmotností. Použití nalezne i v prostředí s nebezpečím výbuchu [12].



*Obrázek 8.7 Vibrační limitní hladinoměr v zásobníku [12]*

## 9 Řešení projektové dokumentace v systému ePlan

### 9.1 Představení projekčního systému ePlan Electric P8 v 2.6 HF4

Systém ePlan Electric P8 je komplexní projekční nástroj umožňujícím tvorbu elektrotechnické dokumentace. Je zaveden jako standard v mnoha celosvětových, významných společnostech. Využívá kontrolu obvodových schémát, vkládá automaticky propojky mezi jednotlivými přístroji, při vkládání používá přístroje z databázi výrobců, nebo z internetové on-line databáze DataPortal. Tyto knihovny tvoří tzv. artikly. Dále disponuje mnoha automatickými výstupy do různých výstupních formátů např. Excel a SAP [13].

Generované výstupy jako jsou obsahy, plány svorkovnic, plány napojení kabelů, seznamy kabelů, přehled potenciálů, přehled revizí, legendy skříní, přehledy karet PLC, kusovníky, atd. je možné libovolně nakonfigurovat. Kontroly spojů, kontaktů svorek, potenciálů a dvojího značení je velice důležitým artefaktem, bez kterého by při těchto rozsáhlejších projektech, a nebo i více spolupracujících lidech na jednom projektu docházelo k časté chybovosti.

Nejvíce přínosnou a zásadní funkcí je vkládání jednotlivých komponent „artiklů“ z již zmíněné databáze výrobců. Tyto komponenty již v sobě obsahují všechny parametry, jako jsou rozměry výrobku, váha a veškeré elektrické parametry. Varianty software ePlan Electric P8 v 2.6 jsou Select, Compact a Professional. Rozdíly mezi nimi jsou různorodé a nebudu se v této diplomové práci jimi zabírat. Pro informaci jenom uvedu, že tento projekt je vytvořen ve verzi ePlan Electric P8 v 2.6 HF4 Select (64 bit) viz *Obr. 9.1*.



Obrázek 9.1 Verze použité aplikace ePlan Electric P8

## 9.2 Řešení projektu v projekčním software ePlan Electric P8 v 2.6

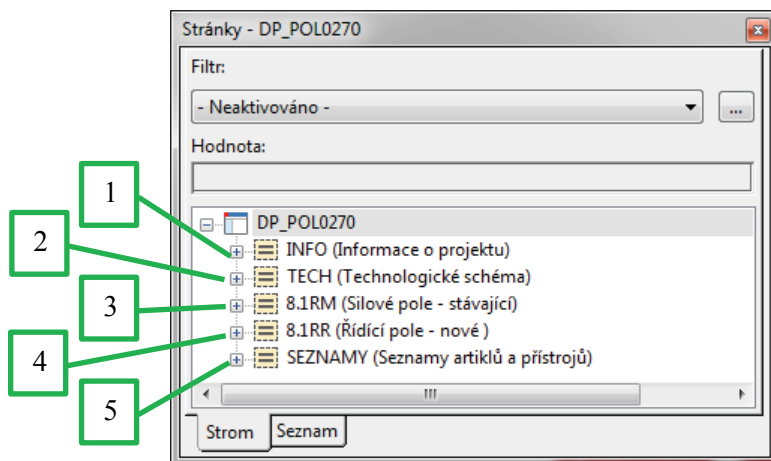
Jednoduchá avšak zásadní metoda vytvoření hierarchie zobrazovaných informací je strukturování projektu. Strukturování projektu včetně souvisejících pravidel vytváření referenčních označování, výsledná struktura projektu je specifikací zásad a zaobírá se tím norma ČSN EN 81346-1 a ČSN EN 81346-2. Touto normou jsou definovány entity, jako objekty se kterými se pracuje v procesu vývoje, projektování, samotné realizace, využití a likvidace. Snadná navigace v systému projektu je daná strukturováním jednoduchou integrací větších celků. Modulární objekt lze při vhodném strukturování jednoduše upravit jako celek. Strukturování objektů je tedy ze zásady možné aplikovat na různé objekty jako jsou spouštěče, stykače, rozváděče, tak i na objekty nefyzických charakterů jako je software. Úpravy je možné provést v jakékoliv životní fázi objektu při navrhování, projektování, montáži atd. [4] [5].

Před započítáním samotného projektování je mnoho jiných úkonů, v první řadě je potřeba nastudovat a pochopit danou aplikaci či technologii. Dále je důležité vytvořit detailní soupis zařízení a spotřebičů, jejichž parametry, obzvláště výkony, hrají důležitou roli ve výběru velikostí rozváděčových skříní a v dimenzování rozvodů, počínaje hlavním vypínačem rozváděče. Dále je potřeba určit počty digitálních a analogových vstupů a výstupů pro volbu vhodné velikosti řídicího systému a započítat minimálně i 15 % rezervu v tomto systému.

Návrh dimenzování přívodních i odvodních kabelů je vhodné navrhovat v některých nástrojích, jako je např. software Sichr, zde jsem použil verzi 19.01 od výrobce elektrotechnických komponent OEZ s.r.o. Letohrad. Po celkovém shromáždění všech technických parametrů, dokumentů a katalogových listů můžeme přistoupit k samotnému návrhu elektro schémat v ePlan Electric P8.

Jako první jsem si před samotným projektováním v ePlan Electric P8 vytvořil strukturu projektu s popisným textem částí projektu, informacích o projektu, částí rozváděčů, seznamů apd. viz *Obr. 9.2*. Později mi sloužil jako vodítko a přehledné rozčlenění sekcí tohoto projektu pískovny. V menu „INFO“ se nacházejí listy, jako jsou titulní, seznamy stran celého projektu a dispozice rozvodny. V menu „TECH“ se nachází strany obsahující technologické schéma P&ID. V menu „8.1RM“ se nacházejí stávající rozváděče =8.1RM +P01, +P02, +P03 a +P07. V menu „8.1RR“ se nacházejí nové rozváděče =8.1RR +P11, +P12 a ovládací skříně se vzdálenými I/O +811RO až +887RO. V menu „SEZNAMY“ jsou výstupní automatické listy, které si zvolíme k exportu. V tomto projektu exportují listy kusovník artiklů a souhrnný seznam artiklů, dále kabelový podrobný seznam se součty metrů jednotlivých kabelů. Dále je možné exportovat:

- schémata zapojení svorkovnic
- plány napojení kabelů
- plány napojení přístrojů
- plány napojení svorkovnic
- přehled potenciálů v projektu
- přehled revizí projektu
- přehled symbolů
- a další informace, kterých je v konkrétním projektu zapotřebí



Obrázek 9.2 Popis struktury projektu v ePlan Electric P8

Legenda k Obr. 9.2:

- 1. Menu INFO: obsahuje informace o projektu (titulní list, seznam stran, dispozice rozváděčů v rozvodně)
- 2. Menu TECH: obsahuje informace o technologii (P&ID schéma technologie a topologické schéma kruhové EtherNet/IP komunikace)
- 3. Menu 8.1RM: obsahuje jednotlivé výkresy zapojení silového rozváděče =8.1.RM, sestavené s jednotlivých rozváděčových polí +P01, +P02, +P03 a +P07
- 4. Menu 8.1RR: obsahuje jednotlivé výkresy zapojení řídicích polí rozváděče =8.1.RR, sestavené s jednotlivých polí +P11 a P12 a všech ovládacích skříní xxxRO.
- 5. Menu SEZNAMY: obsahuje seznamy kabelů, seznam artiklů, souhrnný seznam artiklů,

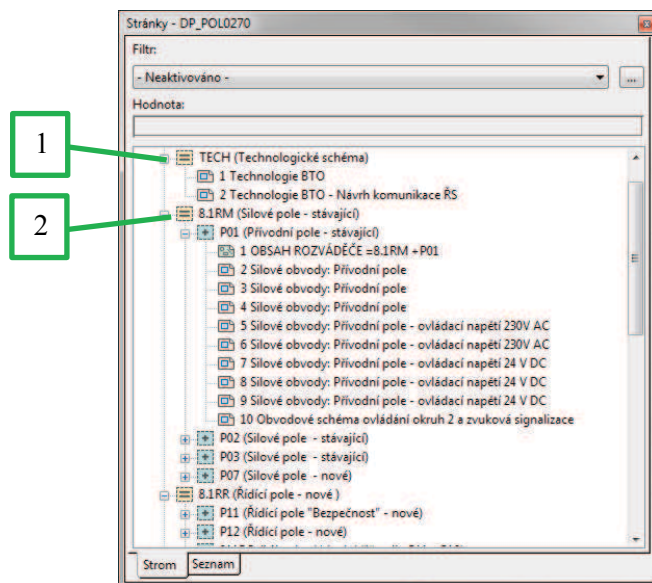
Tyto důležité texty popisující strukturu projektu najdeme v následující nabídce programu: Data projektu ⇒ Správa identifikátorů struktur ⇒ Označení viz Obr. 9.3. Ze zkušeností z praxe vím, že jde o důležitý krok, bez něhož se projekt větších celků stává nepřehledný a při více spolupracujících projektantech by docházelo k nepřehlednosti a chybám. Z tohoto okna je již patrný rozsah projektu.

Řádek	Označení	Popis struktury	Původní označení	Použití	Stav
1	P01	Přívodní pole - stávající	P01	247	✓
2	P02	Silové pole - stávající	P02	418	✓
3	P03	Silové pole - stávající	P03	795	✓
4	P07	Silové pole - nové	P07	1220	✓
5	P11	Řídicí pole "Bezpečnost" - nové	P11	724	✓
6	P12	Řídicí pole - nové	P12	2985	✓
7	P13	Řídicí pole - nové	P13	29	✓
8	811RO	Místní ovládací skříň - silo P11 a P12	811RO	619	✓
9	813RO	Místní ovládací skříň - silo P13A a P13B	813RO	505	✓
10	814RO	Místní ovládací skříň - silo P14A a P14B	814RO	519	✓
11	815RO	Místní ovládací skříň - silo P15A a P15B	815RO	505	✓
12	816RO	Místní ovládací skříň - silo P16 a P17	816RO	520	✓
13	818RO	Místní ovládací skříň - silo P18A a P18B	818RO	515	✓
14	819RO	Místní ovládací skříň - silo P19A a P19B	819RO	519	✓
15	820RO	Místní ovládací skříň - silo P20 a P21	820RO	520	✓
16	852RO	Místní ovládací skříň - silo P1, P2, 851PD1 a 852PD1	852RO	373	✓
17	853RO	Místní ovládací skříň - 853PD1	853RO	210	✓
18	854RO	Místní ovládací skříň - 854BE1	854RO	117	✓
19	855RO	Místní ovládací skříň - 855PD1 a 855LV1	855RO	301	✓
20	859ROA	Místní ovládací skříň - nad zásobníky P11 - P15B	859ROA	1827	✓
21	859ROB	Místní ovládací skříň - nad zásobníky P16 - P21	859ROB	1799	✓
22	859ROC	Místní ovládací skříň - 858SV2 a 859PD1	859ROC	286	✓
23	860RO	Místní ovládací skříň - 860PD1	860RO	148	✓
24	861RO	Místní ovládací skříň - 861PD1, 862SV1, LV3, LV5, SQ12	861RO	1530	✓
25	864RO	Místní ovládací skříň - 863PD1 a 864PD1	864RO	214	✓
26	866RO	Místní ovládací skříň - 866PD1 a 866M1 - 866M2 Hubice	866RO	408	✓
27	867RO	Místní ovládací skříň - 867PD1	867RO	212	✓
28	870RO	Místní ovládací skříň - 870M1, 870M2 a 868LV1	870RO	463	✓
29	871RO	Místní ovládací skříň - 869PD1 a 871M1 - 871M2 Hubice	871RO	309	✓
30	885RO	Místní ovládací skříň - Filtr 885	885RO	109	✓
31	886RO	Místní ovládací skříň - Filtr 886	886RO	121	✓
32	887RO	Místní ovládací skříň - Filtr 887	887RO	114	✓

Obrázek 9.3 Okno správa identifikátorů struktur v ePlan Electric P8

V tomto výřezu okna „správa identifikátorů struktur“ vidíme další informace, jako je celkový počet použitých stejných identifikátorů struktur v projektu a jeho stav. Ve sloupci „stav“ je graficky zobrazováno zelenou značkou, zda není v projektu použito dvojitého označení. V tomto okně lze taktéž přejmenovat samotný název rozváděčů v projektu, tato změna se promítne v celém projektu globálně.

V takto rozbalené struktuře programu viz Obr. 9.4 je již vidět, jak je nadefinováno rozdělení rozváděčů po polích s automaticky generovanými strany, jako je seznam stran, kusovníky apod. V jednotlivých částech rozváděčových polí se již nachází stránky jednotlivých schémat zapojení a to buď schéma vícepólové, nebo jednopólové. Dále to mohou být strany obsahující, grafiku, pneumatické schémata, uspořádání a legenda skříní, topologie, externí dokumenty a další.



Obrázek 9.4 Přehled částečně rozbalené struktury projektu v ePlan Electric P8

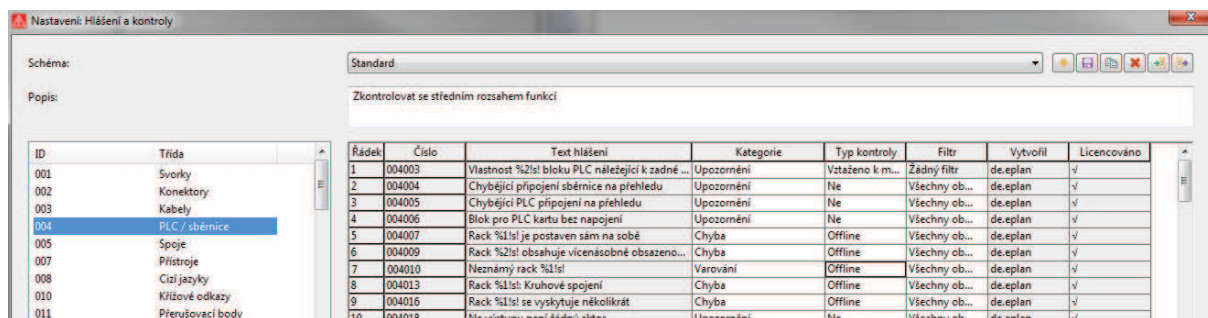
Legenda k Obr. 9.4:

- 1. Menu TECH: obsahuje informace o technologii v podobě P&ID schéma
- 2. Menu 8.1RM: obsahuje úvodní list s obsahem části a jednotlivé listy se schématy zapojení

Při vytváření schémat zapojení fluidních či elektrotechnických je nevyhnutelně důležité používat nástroj na provedení kontrol v projektu od případných chyb projektanta. Při zpracování projektu může docházet ať již úmyslně či nikoli k nekonzistencím a logickým a elektrotechnickým chybám. Takové chyby v projektování mohou mít za následek nesprávná či neúplná vyhodnocení. Tato funkce nabízí možnost provádět zkoušky logiky schémat zapojení, které nám pomohou při vytváření elektrotechnických výkresů. Nesoulady zjištěné při zkouškách se zobrazí ve správě těchto hlášení. Zkoušky pomáhají ve všech stupních vytváření schématu zapojení pracovat rychleji, bezpečněji a efektivněji. Kromě toho ePlan Electric P8 umožňuje kontrolovat kvalitu vašich kmenových dat uložených v databázi artiklů rychle a bez velké náročnosti [13].

Cesta k provedení kontrol je následující: Data projektu ⇒ Hlášení ⇒ Provést kontrolu viz Obr. 9.5. V tomto dialogu nastavení vybereme vlastnosti, které budeme chtít zkontrolovat a upravíme dle toho nastavení, co chceme hlídat a co nikoliv nepotřebujeme.





Obrázek 9.5 Nastavení správy hlášení v ePlan Electric P8

Provedeme kontrolu projektu klávesovou zkratkou Ctrl+Num1. Výsledek je uveden v Obr. 9.6. Z tohoto okna je možnost kliknutím přeskóčit přímo do listu zapojení a v něm chybu odstranit a pokračovat dalších kontrolních bodech. Téma kontrol je poměrně rozsáhlé a je třeba kontrolu správně nastavit a využívat ji k takovým účelům a potřebám jaké daný uživatel potřebuje.

Řádek	Číslo	Strana	Návrhový prostor	Ozn.	Text hlášení
1	003003	=8.1RR+P12/18		=8.1RR-P12-W1	Rozpor mezi ozn. spojení a ozn. kabelu
2	003003	=8.1RR+P12/97		=8.1RR-P12-W1	Rozpor mezi ozn. spojení a ozn. kabelu
3	003009	=8.1RR+P12/97		=8.1RR-P12-WS802_3	Různé údaje kabelů: Kabel / svazek: Typ, Kabel / svazek: Počet spojů
4	003011	=8.1RM+P01/2		=8.1RM+P01-WL501_1AB	Přilíš mnoho kabelových spojů
5	003011	=8.1RM+P01/2		=8.1RM+P01-WL502_1	Přilíš mnoho kabelových spojů
6	003011	=8.1RM+P07/10		=8.1RM+P07-8.1RM_P07_WL1	Přilíš mnoho kabelových spojů
7	003011	=8.1RR+P12/18		=8.1RR+P12-WS_UPS1	Přilíš mnoho kabelových spojů
8	003011	=8.1RR+859ROA/9		=8.1RR-859ROA-814B_SL11_WS	Přilíš mnoho kabelových spojů
9	003011	=8.1RR+859ROA/9		=8.1RR-859ROA-814B_SL11_WS	Přilíš mnoho kabelových spojů

Obrázek 9.6 Výpis ze správy hlášení v ePlan Electric P8

### 7.3 Technické řešení rozváděčů

Rozváděče jsou navrženy do konkrétního prostředí a dle místních dispozičních podmínek rozvodny BTO. Rozváděč označený =8.1RR obsahující bezpečnostní obvody je navržen do oceloplechové rozvodnice výrobce Rittal o rozměrech 2000x800x400 mm. Řídící a silové pole =8.1RR +P12 a =8.1RM +P07 do oceloplechové rozvodnice výrobce Rittal o rozměrech 2000x1200x400 mm. Ovládací skříň jsou sklolaminátové od výrobce Gewiss řada 46.



## 10 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout měřicí a řídicí systém s vytvořením kompletní elektro dokumentace pro zhotovení stavby. V práci se čtenář dozví o problematice týkající se řešení návrhu měření a regulace větších provozních celků, jako je pískovna Sklopísek Střeleč, a.s.

Po seznámení se s technickými parametry a technologií provozu pískovny, jsem přistoupil ke zhodnocení stávajícího měřicího a řídicího systému. Zohlednil jsem též požadavky investora a držel jsem se jeho zadání. Vzhledem k nedostatkům, které jsem zjistil ve stávajícím měřicím a řídicím systému, jsem investorovi doporučil celkovou modernizaci stávajícího provozu, s čímž zákazník nakonec souhlasil. Následně jsem vypracoval návrh topologie nového systému, ve kterém jsem řešil výměnu hlavního ŘS a změny v celkovém řízení nové i stávající části technologie pískovny. Jednalo se převážně o výměnu hlavního hardware ŘS a koncepční změny v celkovém řízení nové i stávající části technologie pískovny.

Dále jsem posoudil stav stávající přípojky elektrické energie a zhodnotil skutečnosti, které potvrdily, že i po rozšíření provozu pískovny, není nutné upravovat elektrické vedení.

V projekčním software ePlan Electric P8, v kterém jsem vytvořil projektovou elektro dokumentaci, jsem poukázal na přínos funkce kontrolního běhu chybových hlášení, které je užitečnou funkcí tohoto systému. Tato funkce i mě samotnému během tvoření větších projektů usnadňuje práci a eliminuje chybovost.

Přínosem pro čtenáře této diplomové práce je názorná ukázka návrhu schémat, jako jsou P&ID, schémata zapojení silových, řídicích a bezpečnostních částí. Výstupem diplomové práce je kompletní realizační elektro a MaR dokumentace. Popsal jsem podrobný návrh snímačů neelektrických veličin. Dále jsem sestavil seznamy místních i vzdálených vstupů a vstupů řídicího systému výrobce Allen-Bradley.

Další rozvoj tohoto konkrétního projektu by mohl nastat v případě dalšího rozšíření technologie, ale přínos by to již nemělo. Vylepšení by mohlo nastat při použití doplňujícího modulu pro software ePlan Electric P8 a to modulu ePlan Preplanning, kterým nyní nedisponuji. Modul podporuje další provázanosti mezi P&ID a MaR schématy.

## Seznam použité a studované literatury

- [1] ČSN 34 1610, *Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách*
- [2] ČSN 33 2000-5-52 ed. 2, *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení*
- [3] ČSN EN 50160 ed. 3, *Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejných distribučních sítí*
- [4] ČSN EN 81346-1, *Průmyslové systémy, instalace a zařízení a průmyslové produkty - Zásady strukturování a referenční označování - Část 1: Základní pravidla*
- [5] ČSN EN 81346-2, *Průmyslové systémy, instalace a zařízení a průmyslové produkty - Zásady strukturování a referenční označování - Část 2: Třídění předmětů a kódy tříd*
- [6] ČSN EN ISO 10209, *Technická dokumentace - Slovník - Termíny vztahující se k technickým výkresům, definici produktu a související dokumentaci*
- [7] ČSN ISO 14617, *Grafické značky pro schémata - Část 1 až 15*
- [8] Automation Components & Integrated Control Systems | Allen-Bradley. *Automation Components & Integrated Control Systems* | Allen-Bradley [online]. Copyright © YYYY Rockwell Automation, Inc. All Rights Reserved. [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://ab.rockwellautomation.com>
- [9] BELIMO CZ. *Servopohony* | BELIMO CZ [online]. Copyright © 2003 [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.belimo.cz/>
- [10] ControlTech. *Home* | Rockwell Automation distributor | ControlTech [online]. Copyright © Copyright 2019, ControlTech s.r.o. [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://controltech.cz/>
- [11] DVOŘÁČEK, Karel. *Příručka pro zkoušky projektantů elektrických instalací*. Praha: IN-EL, 2003. Knihovna Elektro. ISBN 80-86230-31-7.
- [12] Endress+Hauser, *Měření průtoku, hladiny, tlaku, teploty, analýza, software a systémové komponenty* | Endress+Hauser. [online]. Copyright © Endress [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.cz.endress.com/cs>
- [13] ePlan electric P8, [online]. Dostupné z [http://www.eplan.help/help/platform/2.5/cs-CZ/help/EPLAN\\_Help.htm](http://www.eplan.help/help/platform/2.5/cs-CZ/help/EPLAN_Help.htm)
- [14] Jištění elektrických pohonů, S. Kocman, Ostrava, Vysoká škola báňská, v Ostravě 2018
- [15] KRYL, bakalářská práce V. Kryl, Ostrava, Vysoká škola báňská, v Ostravě 2012
- [16] PAPOUCH, [online]. Copyright © Papouch [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.papouch.com/cz/website/mainmenu/products/prumyslovy-ethernet/>
- [17] Pepperl+Fuchs International. *Industrial Sensors, Factory Automation, Process Automation, Intrinsic Safety, Explosion Protection. 301 Moved Permanently* [online]. Copyright © 2019 All Rights Reserved. [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.pepperl-fuchs.com/global/en/index.htm>
- [18] Sklopísek Střeleč, a. s. | *Písek ze Střelče - kvalita v každém zrnku. Sklopísek Střeleč, a. s. | Písek ze Střelče - kvalita v každém zrnku* [online]. Dostupné z: <https://glassand.eu>
- [19] Selet Sensor | *Sensori per l'industria*. [online]. Copyright © 2019 Selet Sensor S.r.l. [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <http://www.selet.it/it/>
- [20] SIEMENS, *Rotating switch - Process Instrumentation* - Siemens. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © Siemens AG 1996 [cit. 23.04.2019]. Dostupné

z: <https://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems/en/process-instrumentation/level-measurement-with-level-measuring-instruments/point-level/rotary-paddle/pages/rotating-switch.aspx>

[21] SICHR Computational program Sichr, OEZ s.r.o.. OEZ s.r.o. [online]. Copyright © 2001 [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <http://www.oez.com/technical-support-software-support/computational-program-sichr>

[22]. VSB Vysoká škola báňská, VSB [online]. Copyright © 2001 [cit. 21.04.2019]. Dostupné z [http://352lab.vsb.cz/Podklady/03\\_PAR/R\\_PLC.html](http://352lab.vsb.cz/Podklady/03_PAR/R_PLC.html)

## Seznam příloh

### **Tištěná příloha:**

- Příloha č. 1 - Technická zpráva
- Příloha č. 2 - Elektro a MaR dokumentace technologie BTO
- Příloha č. 3 - Starý PiD - Technologicke schema technologie BTO
- Příloha č. 4 - Nový PiD - Technologicke schema technologie BTO

### **Elektronická příloha na CD:**

- Projekt:    Složka: Projekt DP POL0270
- Soubor: Priloha c.1 - Technická zpráva.pdf
  - Soubor: Priloha c.2 - Elektro a MaR dokumentace technologie BTO.pdf
  - Soubor: Priloha c.3 - Stary PiD - Technologicke schema technologie BTO.pdf
  - Soubor: Priloha c.4 - Novy PiD - Technologicke schema technologie BTO.pdf
  - Soubor: Priloha c.5 - Bezpecnostni okruhy technologie BTO.xlsx
  - Soubor: Priloha c.6 - Navrh komunikace EtherNet IP.pdf
  - Soubor: Priloha c.7 - Pripojka elektricke energie SICHR.pdf
  - Soubor: Priloha c.8 - Seznam I\_O technologie BTO.xlsx
  - Soubor: Priloha c.9 - Vyberove rizeni BTO.xlsx

